

**ÖĞÜTÜLMÜŞ DİYATOMİTİN GAZBETON ÜRETİMİNDE
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATİCE SEZER

DANIŞMAN

Doç. Dr. İsmail DEMİR

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2010

Bu Yüksek Lisans Tezi 109M245’No’lu TUBİTAK Projesi ile desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖĞÜTÜLMÜŞ DİYATOMİTİN GAZBETON ÜRETİMİNDE
KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

HATİCE SEZER

DANIŞMAN

Doç. Dr. İsmail DEMİR

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2010

ONAY SAYFASI

Doç. Dr. İsmail DEMİR danışmanlığında,
Hatice SEZER tarafından hazırlanan
Öğütülmüş Diatomitin Gazbeton Üretiminde
Kullanımının Araştırılması

Başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca

.../...../.....

tarihindeki aşağıdaki jüri tarafından

Yapı Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı, SOYADI

İmza

Başkan Yrd.Doç.Dr. Osman ÜNAL

Üye Doç. Dr. İsmail DEMİR

Üye Yrd.Doç.Dr. M. Serhat BAŞPINAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Rıdvan ÜNAL

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	IV
ABSTRACRT	V
TEŞEKKÜR	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	IX
RESİMLER DİZİNİ	V
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Hafif Beton	3
2.1.1 Hafif Betonların Sınıflandırılması	5
2.1.2 Hafif Betonların Avantajları	6
2.1.3 Hafif Betonların Dezavantajları	6
2.2 Gazbeton	6
2.2.1 Gazbetonun Tanımı ve sınıflandırılması	6
2.2.2 Gazbetonun Üretim teknolojisi	9
2.2.3 Gazbetonun Özellikleri	11
2.2.3.1 Gazbetonun Fiziksel özellikleri	11
2.2.3.2 Gazbetonun Kimyasal özellikleri	14
2.2.3.3 Gazbetonun Mekanik özellikleri	15
2.2.4 Ürün Çeşitleri ve Tarifleri	17
2.2.5 Gazbetonun Avantajları	19
2.2.5.1 Tasarımda Sağladığı Yararlar	19
2.2.5.2 Yapımda Sağladığı Yararlar	19
2.2.5.3 Yapıda Sağladığı Yararlar	21
2.2.6 İlgili standartlar	25
2.3. Puzolanik Malzemeler	26
2.4 Diyatomit	28

2.4.1 Diyatomitin Tanımı ve tarihçesi	28
2.4.2 Diyatomit Yataklarının Oluşumu ve Dağılışı	29
2.4.2.1 Türkiye Diyatomit Yatakları	33
2.4.2.2 Dünya Diyatomit Yatakları	35
2.4.3 Diyatomitin Yapısı, Sınıflandırılması	37
2.4.4 Diyatomitin Özellikleri	39
2.4.4.1 Diyatomitin Fiziksel özellikleri	39
2.4.4.2 Diyatomitin Kimyasal özellikleri	40
2.4.4.3 Diyatomitin Minerolojik özellikleri	41
2.4.5 Diyatomitin Kullanım alanları	42
3. MATERYAL VE METOT	45
3.1 Kullanılan malzemeler	45
3.1.1 Çimento	45
3.1.2 Diyatomit	46
3.1.3 Kireç	47
3.1.4 Su	48
3.2 Metot	49
3.2.1 Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	52
3.2.1.1 Birim Hacim Ağırlık Değerleri	52
3.2.1.2 Isı İletkenlik Deneyi	53
3.2.1.3 Basınç Deneyi	54
3.2.1.4 Ultrases Deneyi ve Ultrases Hızı	55
4. BULGULAR	56
4.1 Örneklerin Mekanik Özellikleri	56
4.2. Örneklerin Otoklav Kürü Sonrası Mikroyapı Analiz Sonuçları	57
4.3 Örneklerin Ultrases Geçiş Hızlarının Değerlendirilmesi	60
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	62
6. KAYNAKLAR	63

6.1 İnternet Kaynakları

67

ÖZGEÇMİŞ

69

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÖĞÜTÜLMÜŞ DİYATOMİTİN GAZBETON ÜRETİMİNDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Hatice SEZER

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İsmail DEMİR

Bu çalışmada, gazbeton üretiminde diyatomitin hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma kapsamında gazbetonun ana hammaddesi olarak Seydiler (Afyonkarahisar) yöresinden alınan diyatomit kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak TS EN 197-1 CEM I (42,5 R) çimentosu ve karışım harcının genişerek gözenek oluşumunu sağlamak için alüminyum tozu ve sönmemiş kireç kullanılmıştır.

Diyatomit, çimento, sönmemiş kireç, alçı ve genişletici katkı olarak alüminyum tozundan oluşan 13 farklı seri üretilmiştir. Bu karışımda alüminyum tozunun, su ve hidratasyona uğrayan kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ile tepkimeye girmesi sonucu kalıplara dökülen taze harcın genişmesine yol açarak gözenekli bir bünyenin oluşumu sağlanmıştır. Deney örneklerine ortalama 8 saat süre ile düşük basınçlı (1,15 Bar) otoklavda kür uygulanmıştır.

Deney örnekleri üzerinde fiziksel ve mekanik testler yürütülmüştür. Bünyede gelişen faz yapılarını belirlemek için mikroyapı analizleri (SEM incelemeleri, XRD analizleri) ve termal analizler yürütülmüş (ısı iletkenlik katsayısı) ve ticari gazbeton örnekler ile karşılaştırılmıştır.

2010, 69 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Gazbeton, Diyaomit, Puzolan, Basınç dayanımı, Mekanik Özellikler, Mikroyapı, Isı iletkenliği, Otoklav.

ABSTRACT

Postgraduate Thesis

SEARCHING THE USE OF GRANULATED DIATOMITE IN THE PRODUCTION OF AERATED CONCRETE

Hatice SEZER

Afyon Kocatepe University

Institute of Science and Technology

Department of Construction Education

Counselor: Associate Professor İSMAİL DEMİR

In this study, in the production of aerated concrete using diatomite as raw material availability has been investigated. During the study, as the raw material of the aerated concrete diatomite taken from Seydiler (Afyonkarahisar) region was used. TS EN 197-1, CEM I as a binder (42.5 R) and the mixture of cement mortar to ensure the formation of pores by expansion of aluminium powder and quicklime are used.

Diatomite, cement, quicklime, gypsum, and the aluminium powder consisting of expansion additives produced 13 different series. Aluminium powder reacts with calcium hydroxide and fresh mortar is poured into moulds as a result of expansion led to the formation of the porous structure is provided. Test samples was cured in autoclave for average 8 hours with the low-pressure (1.15 bar).

Physical and mechanical tests experiments were conducted on samples. In the development phases within the microstructure analysis (SEM and XRD) was conducted to determine the structure, thermal conductivity coefficients were determined and compared with commercial gas concrete examples.

2010, 69 Page

Keywords: Aerated concrete, diatomite, pozzolan, mechanical properties, microstructure, thermal conductivity and autoclave.

TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Sayın Doç. Dr. İsmail DEMİR'e, mikroyapı analiz çalışmalarında yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Serhat BAŞPINARA'a, deneylerin yürütülmesinde yardımcı olan Sayın Arş. Gör. Erhan KAHRAMAN' a, Öğr. Gör. Dr. Tayfun UYGUNOĞLU' na,

Çalışmam boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen çok kıymetli aileme ve arkadaşlarım Mustafa DİNÇ ile Şerife KOZAK'a,

Teşekkür ederim.

Ayrıca verdiği destek için TUBİTAK'a (Proje no: 109M245) teşekkür ederim.

Hatice SEZER

AYONKARAHİSAR, Ağustos 2010

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

Bd	Hacim ağırlığı(birim ağırlık)
cm	Santimetre
Db	Desibel
dm	Desimetre
Fb	Basınç mukavemeti
gr	Gram
Kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
kgf	Kilogramkuvvet
km	Kilometre
lt	Litre
m	Metre
mg	Miligram
mm	Milimetre
V	Ultrases hızı
°C	Santigradderece
μ	Buhar geçirgenlik direnci

2. Kısaltmalar

ASTM	Amerikan beton test metotları standardı
A.Ş.	Anonim şirketi
A.Z.	Ateş zayılatı
M.T. A.	Maden teknik araştırma
TS	Türk standartları
TSE	Türk standartları enstitüsü

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa No
Şekil 2.1	Gazbetonu oluşturan malzemelerin sembolik görünümü	8
Şekil 2.2	Gazbetonun üretim şeması	10
Şekil 4.1	A serisi numunesine ait kırık yüzey görüntüleri	58
Şekil 4.2	A serisi numunelerde iyi gelişmiş CSH jel yapısı	58
Şekil 4.3	G serisi numunesine ait kırık yüzey görüntüsü	59
Şekil 4.4	G serisi numunelerde gözlemlenen bölgesel tobermorit oluşumu	59
Şekil 4.5	A ve G serilerine ait örneklerin XRD analizleri	60

ÇİZELGER DİZİNİ

		Sayfa No
Çizelge 2.1	Birim Ağırlıklarına Göre Hafif Betonların Sınıflandırılması	5
Çizelge 2.2	Hafif Beton İçin Basınç Dayanımı Sınıfları	5
Çizelge 2.3	Gazbetonun çeşitli birim hacim ağırlıkları için porozite değerleri	11
Çizelge 2.4	Kuru gazbetonun ısı iletkenlik değerleri	12
Çizelge 2.5	Gazbetonun mekanik özellikleri	15
Çizelge 2.6	Gözenekli beton yapı malzeme ve elemanlarının sınıfları	16
Çizelge 2.7	Ticari bir gazbetonun mekanik özellikleri	17
Çizelge 2.8	Puzolanların çeşitleri	27
Çizelge 2.9	Ticari Kalitedeki Diatomitlerin Kimyasal Bileşimleri	41
Çizelge 3.1	CEM I 42,5R Portland kompoze çimentosu özellikleri	45
Çizelge 3.2	Diatomitin kimyasal özellikleri	46
Çizelge 3.3	Kirecin fiziksel ve kimyasal analizleri	48
Çizelge 3.4	Kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri	48
Çizelge 3.5	Üretilen serilerin karışım oranları	49
Çizelge 4.1	Örneklerin mekanik sonuçları	57
Çizelge 4.2	Örneklerin ultrases sonuçları	60

RESİMLER DİZİNİ

		Sayfa No
Resim 2.1	Gazbetonun sembolik görünümü	7
Resim 2.2	Gazbetonun gözenekli yapısının sembolik görünümü	8
Resim 2.3	Kayaç halinde diyatomit	28
Resim 2.4	Diyatomitin nehir kenarında bulunuşu(a)	31
Resim 2.5	Diyatomitin ıslak kayalarda bulunuşu(b)	31
Resim 2.6	Türkiye diyatomit yatakları	33
Resim 2.7	Diyatomitin doğadan görünümü (Afyonkarahisar/Türkiye)	35
Resim 2.8	Diyatomitin doğadan görünümü (Nevada and Oregon/USA)	37
Resim 2.9	Çubuk şekilli bir diyatomitin görünüşü	38
Resim 2.10	Elips şekilli bir diyatomitin iç yapısı	38
Resim 2.11	Değişik diyatomit şekilleri(a,b,c)	39
Resim 3.1	Bilyalı değirmen	47
Resim 3.2	Öğütülmüş diyatomit	47
Resim 3.3	2/3'ü sulu çimentoyla doldurulmuş kalıpta kabarma oluşmadan önce	50
Resim 3.4	Sulu çimentonun kabarmasıyla kalıbı doldurması	51
Resim 3.5	Etüvden çıkan malzemelerin gözenek kontrolü	51
Resim 3.6	Otoklav	52
Resim 3.7	Basınç pres	54
Resim 3.8	Ultrasonik test aleti	55

1. GİRİŞ

Günümüzde beton, birçok farklı yapıda kullanılan en yaygın yapı malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Betonun, ucuzluğu ve kolay üretilebilir olmasından dolayı, binalar, yollar, köprüler, barajlar, santraller, istinat duvarları, su depoları, limanlar, hava alanları, kent mobilyaları vb. birçok yerde yaygın kullanım alanına sahip olduğu görülmektedir(Topcu vd., 2006; Tasdemir vd., 2004).

Bileşenleri açısından önceleri sadece su, çimento ve agregadan oluşan beton, bünyesine kimyasal ve mineral katkıların girmesiyle pek çok olumlu özellik kazanmıştır. Günümüzün modern beton teknolojisinde neredeyse kimyasal ve mineral katkısız bir beton üretilmez hale gelmiştir (Felekoğlu vd., 2004).

Beton çok ekonomik bir yapı malzemesi olmasının yanında, üretiminde atıkların da kullanılabiliyor olması gibi büyük bir avantaja da sahiptir. Tüm dünya şehirlerinde katı atık yönetimi büyük çevresel kaygılara neden olmaktadır. Yapılan çalışmalar kabaca göstermektedir ki Amerika Birleşik Devletlerindeki tehlikeli olmayan yıllık katı atık miktarı 4,6 milyar tonu bulmaktadır (Nehdi 2001). Bu atıkların betonda agrega yerine kullanılarak geri kazanımı mümkündür. Fakat betonda agrega yerine kullanılan bu atık maddeler agregadan ve birbirlerinden farklı özelliklere sahip olduklarından agrega yerine kullanılan malzemeye göre betonun davranışları değişecektir.

Normal betonların sakıncalı taraflarını giderebilmek için üretilmesi zorunlu olan özel amaçlı betonlarda da atıkların kullanılabilir olması hem özel amaçlı betonların katı atıklar sayesinde üretilebilmesine hem de katı atıkların bu özel amaçlı beton üretiminde kullanılmasıyla geri dönüşümüne imkân sağlanmış olur. Özel amaçlı beton üretilme ihtiyacının doğmasının başında, normal betonların yüksek ısıya dayanamaması, gerekli tedbirlerin alınmamasıyla ıslayı ve rutubeti geçirmesi sökülüp tekrar kullanılma imkânından yoksun oluşu, tamirinin zor veya olanaksız oluşu gibi durumlar gelir (Bingöl 2001).

Bu alışmada, Afyonkarahisar-Ankara karayolunun 24. km.sinde bulunan Seydiler y6resi diyatomit kayacının gazbeton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla geleneksel gazbeton retimimde kullanılan 6ętlmř silis kumu yerine diyatomit hammaddesi kullanılmıştır. Farklı karışım oranlarında gazbeton deney 6rnekleri üretilmiştir. 6rneklere düşük basınçlı otoklavda (1,25 Bar) basınçlı buhar kr uygulanmıştır. Gazbeton 6rneklerin fiziksel ve mekanik 6zellikleri belirlenmiş, mikroyapı 6zellikleri (SEM) incelenmiş, ultrases hızı, ısı iletkenliği değerleri belirlenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Hafif Beton

Günümüzde taşıyıcı hafif betonlar özellikle bir yapının ölü yükünün ve kullanılacak betonarme yapı elemanlarının kesit alanlarının daraltılmasında tercih edilmektedir. Buna bağlı olarak özellikle yüksek yapıların efektif kullanım alanları ve açıklıkları arttırılabilir. Bunun yanında taşıyıcı hafif betonlar duvar panel ve blokların inşasında, çatı katı döşemelerinde, köprü açıklıklarında, ön yapımlı beton ünitelerinde çoğunlukla kullanılmaktadır. Bu amaçlarla taşıyıcı hafif beton üretmek özellikle deprem bölgelerinde yapılar inşa etmek için tercih sebebidir (Yazıcıoğlu ve Bozkurt 2005).

Hafif agregalı betonlar bu günkü modern yapı endüstrisinde istenilen hafiflik yanında, ısı izolasyonu, ses absorpsiyonu ve yangına karşı direnç gibi en iyi özelliklere sahiptirler. Bu bakımdan hafif agregalı betonlar ve bu betonlarla imal edilen, prefabrike duvar elemanı panolar, tercih edilen yapı malzemeleridirler. Halen genel olarak küçük prekast yapı elemanlarının ve duvar elemanlarının üretiminde kullanılmaktadırlar. Duvar elemanı olarak hafif agregalı beton elemanların yapıda kullanılmaları halinde, normal agregalılara kıyasla, hafiflikten kaynaklanan zati yüklerin azalması yanında duvar örüm veriminin ve hızının artması ile birlikte taşıma maliyetlerinde de tahmini %20 civarında bir ekonomi sağlanabilir (Başyigit vd. 2000).

Hafif betonlar etüv kurusu birim hacim ağırlıkları 800 kg/m^3 'ten fazla, 2000 kg/m^3 'ten fazla olmayan, agregası tamamen veya kısmen hafif agrega olan beton olarak tanımlanmaktadır (TSE 206-1 2002).

Betonun birim hacim ağırlığının azaltılması başlıca üç yolla olmaktadır;

- Normal agregaların yerine boşluklu olan doğal veya yapay hafif agregaların kullanılmasıyla üretilen hafif agregalı betonlar,
- Beton içerisinde fiziksel veya kimyasal yolla büyük miktarda boşluk oluşturularak üretilen gaz ve köpük betonlar,
- Betonun ince agregasını çıkarmak yoluyla üretilen kumsuz betonlar.

Bu yöntemler incelendiğinde günümüzde çok kullanılmakta olan hafif betonları üretmek için, beton içinde çeşitli yöntemlerle boşluk oluşturmak genel bir kuraldır. Betonda boşluk oluşturma, ya harç içinde veya iri agrega taneleri arasında veya agreganın içinde yapılır. Hafif betonlar dayanımlarına göre üç gruba ayrılmaktadır:

- Düşük dayanımlı ısı ve ses yalıtım betonları,
- Orta dayanımlı betonlar,
- Taşıyıcı betonlar.

Taşıyıcı hafif beton üretiminde en çok başvurulan yöntem, hafif agrega ile birim ağırlığı istenilen düzeyde tutmaktır. Hafif beton üretiminde kullanılan hafif agregalar altı grupta toplanabilir:

- Doğal hafif agregalar: Pomza taşı, volkanik tüf, volkanik cüruf gibi,
- Doğal malzemelerden üretilen yapay hafif agregalar: Genleştirilmiş kil, şist, arduaz ve perlit gibi,
- Endüstriyel atıklardan oluşan hafif agregalar: Yüksek fırın cürufları, uçucu kül gibi,
- Organik hafif agregalar: Hububat tanecikleri, ağaç parçacıkları gibi malzemeler,
- Polimer kökenli malzemeler: Styropor gibi (Topçu vd. 2005).

Hafif Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri:

Hafif betonun fiziksel ve mekanik özellikleri, hafif betonu oluşturan bileşenlerin bütün özellikleriyle ilişkilidir. Dayanım, betonun belli başlı özelliklerinden biridir ve genel olarak betonun yoğunluğuyla yakından ilişkilidir. Hafif agregalı betonlar değişik tiplerde olup, özellikleri kullanılan agregalara ve karışımındaki bileşenlere bağlıdır. Beton sertleştiğinde hacminde değişimler olur. Bu değişimler fiziksel ve mekanik özellikleriyle ilişkili olup, betonun fiziksel ve mekanik özellikleri şunlardır;

- Dayanım,
- Elastiklik,
- Yoğunluk,
- Isıl özellikler,
- Su emme,
- Yüksek sıcaklık etkisindeki davranışlar,

- Aşınma direnci (Uygunoğlu 2008).

2.1.1 Hafif Betonların Sınıflandırılması

Hafif betonların birim ağırlıklarına göre sınıfları Çizelge 2.1’de, basınç dayanımına göre sınıfları ise Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Birim ağırlıklarına göre hafif betonların sınıflandırılması (Şimşek 2004)

Hafif Beton Sınıfı	Birim Ağırlık (kg/m ³)
Yalıtım Betonları	300 kg/m ³ - 800 kg/m ³
Orta Mukavemetli Hafif Betonlar	800 kg/m ³ - 1400 kg/m ³
Taşıyıcı Hafif Betonlar	> 1400 kg/m ³

Çizelge 2.2 Hafif beton için basınç dayanımı sınıfları ((TS EN 206- 1, 2002)

Basınç Dayanımı Sınıfı	En Düşük Karakteristik Silindir Dayanımı Fck, Sil (N/mm ²)	En Düşük Karakteristik Küp Dayanımı Fck, Küp (N/mm ²)
LC 8/9	8	9
LC 12/13	12	13
LC 16/18	16	18
LC 20/22	20	22
LC 25/28	25	28
LC 30/33	30	33
LC 40/44	40	44
LC 45/50	45	50
LC 50/55	50	55
LC 55/60	55	60
LC 60/66	60	66
LC 70/77	70	77
LC 80/88	80	88

2.1.2 Hafif Betonların Avantajları

- Hafif betonların kullanılmasıyla yapıların ağırlığında önemli bir azalma sağlanır. Böylece betonarme elemanların kesitleri de azaltılabilir.
- Hafif betonların ısı iletkenlik katsayısı çok küçüktür. Bu özelliğinden dolayı hafif betonun kullanılması halinde iç mekânlarda oda sıcaklığı çok daha az yakıt kullanılarak elde edilir. Çevreye verilen hasar da azaltılmaktadır.
- Hafif betonların bazıları ahşap gibi kolayca kesilebilir ve çivi çakılabilir.
- Agregalar saftır.

2.1.3 Hafif Betonların Dezavantajları

- Boşluklu bir yapıya sahip olduklarından istenilen dayanımı sağlayamazlar.
- Aşınma dayanımları yetersizdir.
- Neme karşı yalıtılmaları gerekir.
- Elastisite modülleri düşüktür fakat deprem sırasında deplasmanları büyüktür.
- Hidratasyon ısıları yüksek olduğundan, sıcaklık artar.
- Daha fazla çimento gerekmektedir.
- Hafif agregalı betonlar daha kırılgandırlar (Uygunoğlu 2008).

2.2 Gazbeton

2.2.1. Gazbetonun Tanımı ve Sınıflandırılması

Gazbeton, beton veya geleneksel kâgir malzemelere oranla çok hafif, buna ek olarak, içindeki hava kabarcıkları nedeniyle yüksek ısı yalıtım özelliğine sahip, bir tür hafif beton olarak yapı sektöründe aranan bir malzemedir. Yapısındaki hava kabarcıkları dolayısıyla bu malzemeye gazbeton adı verilmiştir. İngilizce adı "Autoclaved Aerated Concrete - AAC", Almanca adı "Porenbeton" dur. Gazbetonun sembolik görünümü Resim 2.1’de verilmiştir.



Resim 2.1 Gazbetonun sembolik görünümü

Gazbeton malzemeler bünyesindeki gözenekleri nedeniyle yapı sahibine yüksek ısı yalıtımı, kolay işlenebilirlik, iş gücü verimliliği ve deprem emniyeti sağlar. Çevre dostu gazbeton modern çağımızın tüm gereklerini yerine getirmektedir. Üretim sürecinde kesinlikle çevre kirliliği yaratmaz, tehlikeli atıklar oluşturmaz ve ülke ekonomisi için değerli hammaddeler asla heba edilmez. Üretiminde düşük sıcaklıktaki buhar ile sertleştirme süreci enerji tasarrufu sağlar (İnt. Kyn. 1).

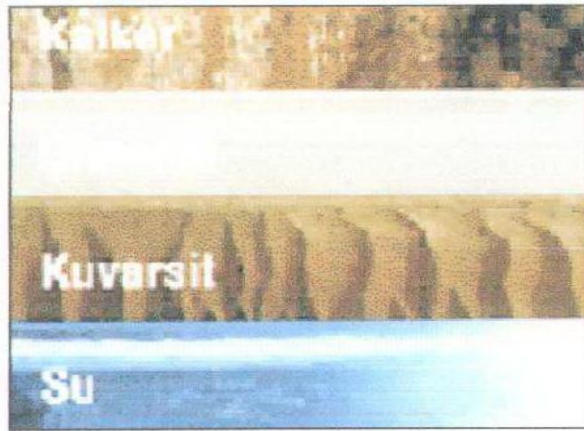
Çimento, kireç, öğütülmüş kuvarsit karışımının alüminyum metal tozlarının katılarak gözeneklendirilmesi yolu ile üretilirler. Çimento ve kirecin alkalileri ile alüminyum tozu arasında oluşan kimyasal tepkime sonucunda ortaya çıkan hidrojen gazının beton yapısını kabartması sağlanır (Urhan 1993).

TS 453'e göre "Gazbeton, ince öğütülmüş silisli bir agregası ve inorganik bir bağlayıcı madde (kireç ve veya çimento) ile hazırlanan karışımın gözenek oluşturuıcı bir madde ilavesi ile hafifletilmesi ve buhar kürü ile sertleştirilmesi ile elde edilen gözenekli hafif betondur."(TS 705, TS 453). Gazbetonun gözenekli yapısı ise Resim 2.2'de verilmiştir.



Resim 2.2 Gazbetonun gözenekli yapısının sembolik görünümü (İnt Kyn. 2)

Gazbetonun oluşturan ana maddelerden biri olan kuvarsit, genel olarak kuvars kumu taneleri, silisten meydana gelmiş ve çimento ile birbirine çok sağlam şekilde bağlanmalarıyla oluşmuş bir kayaç olup, sedimanter ve metamorfik olmak üzere 2 çeşidi vardır. Kuvarsit, direnci yüksek, sağlam ve aşındırıcı bir kayaçtır ve öğütülmesi oldukça güç ve pahalıdır. Bu nedenle kuvarsit üretimi, aynı kimyasal bileşimde bulunan kuvars kumu ve kumtaşından (kuvarslı gre), ayrıca daha saf olan kuvarstan sonra tercih edilmektedir. Kuvarsitin kimyasal bileşimi, kuvars, kumtaşı ve kuvars kumu gibi SiO_2 olup, ancak içerisinde çeşitli miktarlarda feldspat, mika, kil, manyetit, hematit, granat, rutil, kireçtaşı vb. bulunabilir. Gazbeton üretiminde kullanılan kuvarsitte, SiO_2 miktarının en az %90, Fe miktarının en fazla %2 olması istenir (İnt. Kyn.3). Gazbetonu oluşturan malzemelerin sembolik görünümü Şekil 2.1’te verilmiştir.



Şekil 2.1 Gazbetonu oluşturan malzemelerin sembolik görünümü (İnt. Kyn. 4)

Gazbetonun tarihçesine bakıldığında; tarih boyunca yapılarda kullanılan hafif ve gözenekli doğal malzemelerin yapay olarak üretilmesi fikri, 19. Yüzyılın sonlarında ortaya atılmıştır. Gaz meydana getiren bir katkı ilavesi ile gözenekli harç imalatı için ilk patent 1889'da verilmiştir. Bunu takiben 1914'te, çimento harca kabartıcı katkı maddesi olarak alüminyum tozu, çinko tozu veya diğer madeni tozların katılması yoluyla hafif beton üretilebileceği görüşü ortaya atılmış ve 1919-1920'de beton harcına kabartıcı madde olarak alüminyum tozu katılarak (basıncılı buhar sertleştirmesinin olumlu etkilerinin de tespiti ile) bugünkü gazbeton üretim teknolojisinin temeli atılmıştır (Borhan 1987, Anonim 2000).

2.2.2. Gazbetonun Üretim Teknolojisi

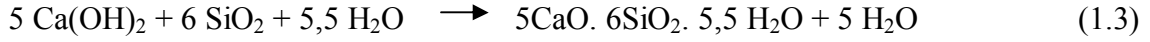
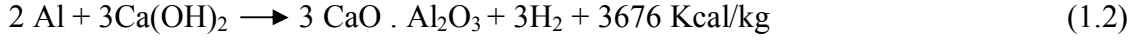
Gazbeton, gözenekli bir yapı malzemesi olup, hammaddesi kuvarsit, bağlayıcıları ise çimento ve kireçtir. Çok ince toz kıvamında öğütülen bu malzemeler, su ve alüminyum tozu ilavesi ile karıştırılarak döküm arabalarına aktarılır. Yanmış kirecin su ile reaksiyonu sonucu yüksek ısı açığa çıkar ve alüminyum tozu da reaksiyona girerek hidrojen açığa çıkarır. İnce toz taneleri halindeki alüminyum tozunun açığa çıkardığı bu gaz habbeleri(tanecikleri), gazbeton hamurunun kabarmasını ve ana özelliği olan mikro gözenekli yapısına kavuşmasını sağlar. Malzemede oluşan kalsiyum hidrosilikat ve alüminyum hidrosilikat sonucunda sertleşme süreci başlar. Belirli bir mukavemet derecesine erişildiğinde otomatik çalışan bir kesme makinesinde özel çelik teller aracılığıyla istenen ölçülerde kesilir.

Prefabrike donatılı elemanların donatı hasırları, otomatik punto kaynaklarında hazırlanır. Arkasından hasırlar pasa karşı bitümle kaplanır ve döküm arabalarına monte edilerek döküm yapılır.

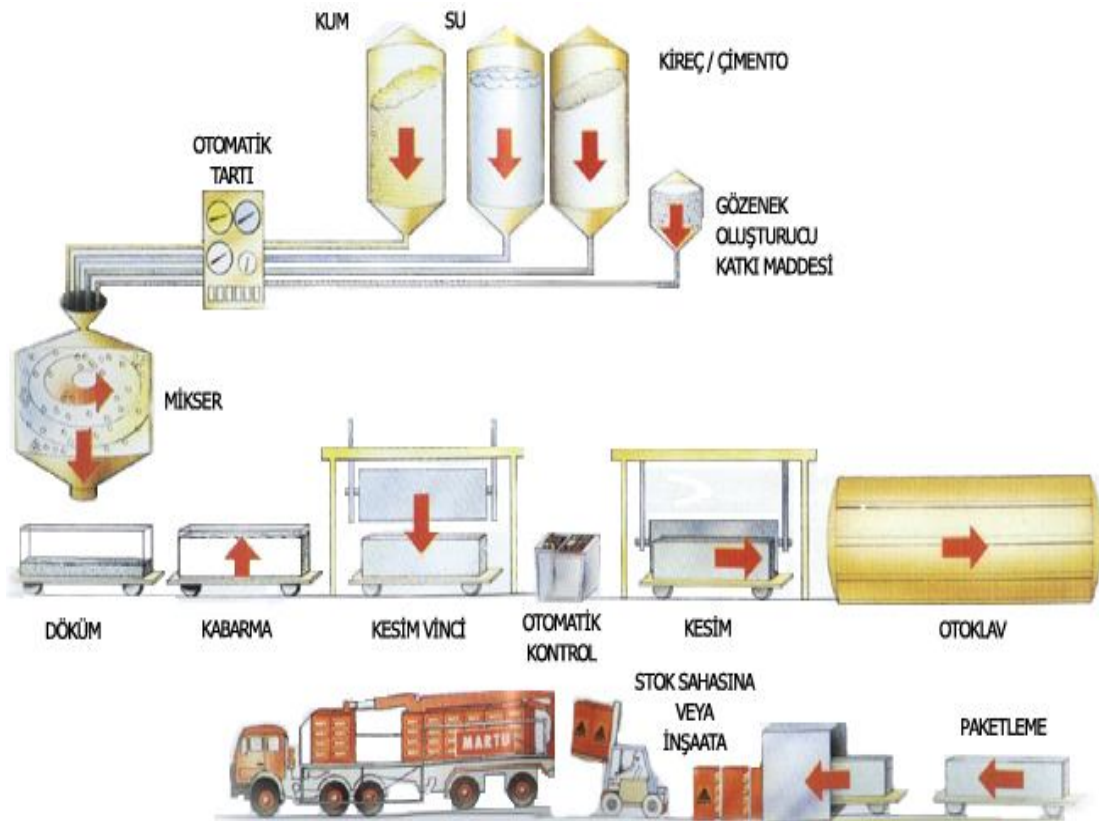
Gazbetonun düşük yoğunlukta yüksek basınç mukavemeti, otoklavlardaki buhar sertleşmesi sonucu elde edilir. Kesimden geçen döküm arabaları otoklavlara alınarak doymuş buharda 12 atm basınç ve 190°C sıcaklık altında 10 saat süre ile sertleştirilir.

Böylece malzeme, otoklav çıkışında son mukavemetine ve hacim sabitliğine erişmiş olur (Şekil 2.2).

Gazbetonun geçirdiği kimyasal reaksiyonlar özet olarak aşağıdaki gibidir:



Otoklavlardaki buhar sertleşmesi sonucu, malzemenin bünyesinde çeşitli kalsiyum hidrosilikatlar oluşur. En çok rastlanana 11 A° Tobermorit ($\text{C}_2\text{S}_6\text{H}_5$) kristalidir. Seyrek olarak da Xonotlit ($\text{C}_6\text{S}_6\text{H}$), Gyrolit ($\text{C}_2\text{S}_3\text{H}_2$), Hillebrandit (C_2SH) ve Afwiilt ($\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$) kristallerine rastlanır (Borhan 1987)



2.2.3. Gazbetonun Özellikleri

2.2.3.1. Gazbetonun Fiziksel Özellikleri

- Malzeme içyapısı, rengi ve yüzey yapısı: Gazbeton malzemenin yapısında 0,5-1,5 mm arasında küresel makro gözenekler vardır. Bu makro gözenekler mikro gözeneklere çevrelenmiştir. Gazbeton, kullanılan silisli hammaddenin cinsine bağlı olarak beyaz, gri veya pembe renklerde olabilir. Yaygın olarak kuvarsit kullanıldığından renk genellikle beyazdır. Kesme makinelerinde kullanılan çelik tellerin özelliğine bağlı olarak imalat yüzeyleri düz veya çizgili- pürüzlü olabilir.
- Özgül ağırlığı: Gazbeton malzemenin ortalama boşluksuz özgül ağırlığı 2,60 kg/dm³' dür.
- Porozite: Gazbetonun porozitesi kuru birim hacim ağırlığı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Çizelge 2.3'te çeşitli birim hacim ağırlıkları için porozite değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.3 Gazbetonun çeşitli birim hacim ağırlıkları için porozite değerleri
(TS 3234, 1978)

Birim Hacim Ağırlığı kg/m ³	Porozite %
0,31- 0,40	85- 88
0,41- 0,50	81- 85
0,51- 0,60	77- 81
0,61- 0,70	73- 77
0,71- 0,80	69- 73

- Isı iletkenlik: Gazbetonun %80'ini oluşturan mikro ve makro gözenekler, malzemeye düşük bir ısı iletkenlik değeri sağlamaktadır. Isı iletkenlik katsayısı, malzemenin kuru birim hacim ağırlığı ve nem içeriğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Kuru gazbetonun ısı iletkenlik değeri Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4 Kuru gazbetonun ısı iletkenlik değeri (Gündüz 1998)

Kuru Birim Hacim Ağırlığı kg/m ³	Isı İletkenlik Değeri W/Mk
300	0,08
400	0,09
500	0,12
600	0,14
700	0,16
800	0,19

- Isıl genleşme: Gazbetonun ısı genleşme katsayısı, 20-100°C arasında 0,008 mm/m °C'dir.
- Özgül ısı: Özgül ısı katsayısı, malzemenin ağırlıkça %2-5 denge neme sahip olduğu durumda 0,24-0,26 Kcal/kg °C'dir.
- Erime noktası: Gazbeton, 1000 °C civarında sinterleşmeye (camsılaşmaya), 1100-1200 °C civarında da erimeye başlamaktadır.
- Rötire: Gazbeton, bünyesindeki nem miktarı azaldıkça hacim kaybetmekte, arttıkça da hacim kazanmaktadır. Bu değişim, 4x4x16 cm'lik dikdörtgen prizma örneklerle tespit edilir. TS 453, ağırlıkça % 3,5 ve % 20 arasındaki nem durumunda, hacim değişmesini 0,5 mm/m olarak sınırlandırılmıştır. Üretilen örneklerde bu değer 0,15 mm/m'ye kadar düşebildiği belirtilmektedir.
- Denge nemi: Yapı malzemeleri, başlangıçta içerdikleri üretim, nakliye ve inşaat nemini zaman içinde atarak, belli bir sabit nem derecesine gelirler. Denge nemi adı verilen bu durum, gazbetonun kuru birim ağırlığına ve ortamın bağıl hava nemine bağlı olarak küçük farklılıklar gösterir.
- Su emme-kuruma: Yapay taş malzemelerin su emmesinin başlıca nedeni (üretim hataları dikkate alınmazsa), üretim suyunun açığa çıkan kısmının bünyeden atılırken oluşturduğu kılcal yapıdır. Üretim sırasında karışıma verilen suyun pek az miktarda kimyasal bağlantı ile bünyede kalmakta, serbest kalan diğer kısım buharlaşma yolu

ile bünyeden atılmaktadır. Atılan su miktarı gazbetonda % 50 civarında olmaktadır. Bu arada bir diğer önemli nokta da, bu suyun bünyeden atılış hızıdır. Kuruma ne kadar hızlı olursa, bünyede oluşan kılcal yapı da o kadar gelişmiş olacaktır. Gazbeton üretiminde açığa çıkan suyun az olması, üretim sırasında kurutma ve pişirme işlemi olmayıp, tersine yoğun su buharında kimyasal sertleştirme işlemi olmasından ileri gelmektedir. Bunun sonucunda zayıf bir kılcal yapı oluşmakta ve suyun hareketi gözenekler dolayısıyla engellenmektedir.

Suya doymuş duruma gelen yapı malzemesinin içerdiği nem miktarı, o malzemenin su kapasitesini belirlemektedir. Yapı malzemelerinde su kapasitesi toplam boşluk miktarına yaklaştığı oranda, malzeme donmaya karşı hassas duruma gelmekte, ayrıca nemin etkisi ile ısı yalıtım özelliğini kaybetmektedir. Gazbeton malzemenin, suya doymuş durumdayken dahi, bünyesindeki boşlukların yaklaşık % 60'ının kuru kaldığı belirtilmektedir.

- Buhar geçirgenlik: Gazbeton, gözenekli yapısı sayesinde düşük bir buhar geçirgenlik direncine ($\mu=5-7$) sahiptir. Bu özellik, malzemenin yapıda rahatlıkla nefes almasını sağlamaktadır. Ancak, özellikle don bölgelerinde gazbeton duvar çıplak (korumasız) bırakıldığı durumlarda, bu özelliğin malzemenin bünyesine büyük zarar verebildiği gözlemlenmiştir.
- Dona karşı dayanıklılık: Malzemenin nem miktarına bağlıdır. Normal şartlarda, suya doymuş gazbeton malzemenin erişebileceği en yüksek nem miktarının hacimce % 30-35 civarında olduğu belirtilmektedir. Gazbetonun bünyesindeki toplam boşluk miktarının hacimce % 70-85 olduğu göz önüne alınırsa, malzeme bünyesinde buz kristallerinin genişleyebileceği kuru bir hacmin bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum, malzemeye dona karşı dayanım sağlamaktadır.

Bunun yanında, özellikle şiddetli bir yağış sonrasında ani bir don durumunda, malzemenin keskin kenar, köşe ve profillerinde suya doymuş durum oluşarak kritik nem miktarı aşılabileceğinden, bu bölgelerde don hasar yapabilmektedir. Kış aylarında, yapıdaki malzemenin bir yüzey kaplaması ile korunması bu sorun ile ilgili iyi bir çözüm olabilmektedir.

- Ateşe karşı dayanım: Gazbetonun yanmadığı kabul edilmektedir. Malzeme bünyesinde 225-450°C arasında basınç mukavemetine etki etmeyen kılcal çatlaklar oluşmaktadır. 500 °C'den sonra çatlak sayısında sıcaklığa doğru orantılı olarak artış gözükmemektedir. Basınç mukavemeti, 400 °C civarında bir zirveden geçtikten sonra, 740 °C civarında başlangıç mukavemetine eşit bir düzeye gelmektedir. Bu noktadan sonra ise, mukavemet büyük bir hızla düşmekte, bu da gerçek sinterleşme başlangıcı anlamına gelmektedir. Benzer durum hacim değişimlerinde de görülmektedir. 300 °C sıcaklığa kadar az bir hacim değişmesi olmakta, bu değer 740 °C sıcaklığa kadar sabit kalmakta, bundan sonra ise büyük değerlere ulaşmaktadır. Önceden de belirtildiği üzere malzeme, 1000 °C civarında sinterleşmeye, 1100-1200 °C arasında da erimeye başlamaktadır.
- Ses yalıtımı: Yapılan araştırmalar, gazbeton malzemelerin yüksek gözenekli bir yapıya sahip olmasından ve bu gözeneklerde ses enerjisinin kolaylıkla ısı enerjisine dönüşebilmesinden dolayı, birim alan ağırlıklarına göre ortalama ses yalıtım değerinin, gazbeton malzemelerde diğer bazı yapı malzemelerine göre 2 Db daha yüksek olduğunu göstermektedir.
- Ses yutma: Malzeme yüzeyine çarpan ses enerjisinin bir kısmı yapı elemanının malzeme cinsine ve yüzey yapısına bağlı olarak yutulmakta, kalanı ise yansıtılmaktadır. Yutulan ses enerjisinin yüzeye gelen ses enerjisine oranı, ses yutma katsayısı olarak ifade edilmektedir. Katsayının 1'e yaklaşması ile malzemenin ses yutma özelliği artmakta, 1 olduğunda tüm gelen ses enerjisi yutulmaktadır. Gazbeton, gözenekli yüzeyi ve yüksek porozitesi nedeniyle ses yutma özelliği bakımından iyi bir malzemedir. Frekansın 125-4000 Hz arasındaki değişimde, gazbeton 1,10-0,27 arasında bir ses yutma katsayısına sahip olmaktadır.

2.2.3.2 Gazbetonun Kimyasal Özellikleri

- Kimyasal etkenlere karşı direnç: Gazbeton, silika hidratlardan oluşan alkali bir yapıya sahiptir. pH değeri 9,5-11,0 arasında değişir. Bu bakımdan asidik ortamlardan olumsuz yönde etkilenir. Sülfirik asit, hidroklorid asit, asetik asit

malzeme yapısını, kloridler, sülfatlar ve nitratlar ise donatıyı hasara uğrattırılar. Bu bakımdan da gazbeton, deniz suyuna karşı korunmalıdır. Ortamda yoğun ve devamlı kimyasal agresif maddelerin bulunması halinde, gazbeton malzeme, bu maddelere dayanıklı yüzey kaplamaları ile korunmalıdır.

- Suda çözülme: Gazbetonun mukavemetini sağlayan hidro silikatlar suda çözülmezler. Ancak üretime giren diğer maddeler (kum, kireç, çimento veya su) suda çözülebilen tuzlar içerirlerse, ortam şartlarına göre bu tuzlar malzeme yüzeyinde kristalleşerek çiçeklenme yaratabilirler. Çiçeklenme, öncelikle eriyik tuz miktarına bağlı olmayıp gazbeton bünyesindeki kılcal su hareketinin hızına ve yüzeydeki kuruma hızına bağlıdır (Çiçek 2002).

2.2.3.3 Gazbetonun Mekanik Özellikleri

Gazbetonun basınç dayanımına etki eden faktörler arasında sekil ve boyut, boşluk oluşturma yöntemi, yükleme yönü, beton yası, su muhtevası, kürlenme yöntemi gelir. Hava gözeneklerinin gözenek yapısı, gözenek kabuklarının mekanik durumu basınç dayanımını doğrudan etkiler. Genellikle basınç dayanımı yoğunluk artışıyla lineer olarak artar. Bunun sebebi, gözeneklerin azalması sonucu yoğunluğun artmasıdır. Gazbetonun mekanik özellikleri Çizelge 2.5’te verilmiştir.

Çizelge 2.5 Gazbetonun Mekanik Özellikleri

Kuru Yoğunluk (kg/m ³)	Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (kN/mm ²)	Termik Geçirgenlik (W/m°C)
400	1.3-2.8	0.18-1.17	0.07-0.11
500	2.0-4.4	1.24-1.84	0.08-0.13
600	2.8-6.3	1.76-2.64	0.11-0.17
700	3.9-8.5	2.42-3.58	0.13-0.21

Gazbetonun elastisite modülü, basınç raporlarında, basınç dayanımının bir fonksiyonu olarak formüle edilir.

Pratikte gazbetonun yangına dayanıklılığı sıradan betonlardan daha iyidir ya da en az sıradan betonlar kadardır ve yangına maruz kaldığında alevler gazbetonu kuşatamaz. Bu davranışın önemli bir sebebi bu malzemenin sıradan betona göre daha homojen olmasıdır, bu sebeple sıradan betondaki kaba agreganın farklı oranlarda genleşme, çatlama ve parçalanmalara öncülük etmesidir. Radyasyon içinden, geçilen sıcaklık transferi, hava-katı yüzeylerin sayısının ters bir fonksiyonu olduğu için gazbetonun yangına dayanıklılık özelliği, kapalı gözenekli yapısının büyük boşluklarının olduğu kısımlarda gerçekleşir. Bununla birlikte düşük termik geçirgenliği ve yayması gazbetonun yangına daha iyi dayanıklılık özelliklerine sahip olmasını sağlar (Narayanan 2000).

Gazbeton inorganik olmasından dolayı yanmaz, erime noktası 1600° C’dir ki bu değer tipik bir şekilde yanan bir binanın içindeki sıcaklık olan 650° C’nin 2 katından daha fazladır (Budwell International Ltd 2004).

Gözenekli beton yapı malzeme ve elemanlarının sınıfları Çizelge 2.6’da verilmiştir

Çizelge 2.6 Gözenekli beton yapı malzeme ve elemanlarının sınıfları (TS 453)

Sınıfı	En Büyük Basınç Dayanımı kgf/cm ² (MPa)	En Küçük Basınç Dayanımı kgf/cm ² (MPa)	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Ortalama Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	Sınıf İşareti
G1	15 (1,5)	10 (1,0)	400	310 ile 400	G1/0,4
			500	410 ile 500	G1/0,5
G2	25 (2,5)	20 (2,0)	400	310 ile 400	G2/0,4
			500	410 ile 500	G2/0,5
G3	35 (3,5)	30 (3,0)	500	0,41 ile 0,50	G3/0,5
			600	510 ile 600	G3/0,6
G4	50 (5,0)	40 (4,0)	600	510 ile 600	G4/0,6
			700	610 ile 700	G4/0,7
G6	75 (7,5)	60 (6,0)	700	610 ile 700	G6/0,7
			800	710 ile 800	G6/0,8

Ticari bir gazbetonun mekanik özellikleri Çizelge 2.7' de verilmiştir.

Çizelge 2.7 Ticari bir gazbetonun mekanik özellikleri (İnt. Kyn. 6)

Malzeme mukavemet sınıfı	G2		G3		G4	
Ortalama basınç dayanımı (kgf/cm ²)	25		35		50	
En yüksek kuru birim hacim ağırlığı (kg/m ³)	400	500		600		700
Isı iletkenliği (W/mK)	0,15	0,17		0,20		0,23
Elastisite modülü (kgf/cm ²)	12500	17500		22500		27500

2.2.4 Ürün Çeşitleri ve Tarifleri

Gazbeton ürün çeşitlemesi açısından üçe ayrılır;

Gözenekli beton yapı malzemesi; Gözenekli beton yapı malzemesi, gaz veya köpük betondan yapılmış teçhizatsız yapı bileşenidir.

Gözenekli beton yapı elemanı; Gözenekli beton yapı elemanı, gaz veya köpük betondan yapılmış teçhizatlı yapı bileşenidir.

Gazbeton Tutkalı; Gazbeton duvar ve yapı malzemeleri için geliştirilmiş, blokların birbirini tutmasına yarayan ince bir tutkaldır.

Gözenekli beton yapı malzemeleri:

- Tutkalla uygulanan duvar blokları
25-60 cm boyunda, 25 cm yüksekliğinde ve çeşitli kalınlıklarda üretilen yapı malzemesidir. Genellikle tuğla biçimi ile duvar örülmesinde kullanılır.

- Asmolen bloklar

G2 sınıfında üretilen asmolen bloklar 25 cm kalınlığından 60 cm kalınlığına kadar çeşitli boyutlarda üretilen bir yapı malzemesidir. Genellikle tavan döşemelerinde kullanılır.

- Yalıtım plakaları

G2 sınıfında üretilen yalıtım plakaları 5-20 cm kalınlıktan çeşitli boyutlarda üretilmektedir. Isı yalıtımı yetersiz döşeme ve duvarlarda kullanılmaktadır.

Gözenekli beton yapı elemanları:

- Kapı ve Pencere Lentoları

Lentolar duvar bloklarını tamamlayıcı donatı elemanlarıdır. Lentolar dolgu ve yığma duvarlarda kapı, pencere üst ve altlarında kullanılır. Ayrıca istenir ise merdiven basamağı olarak da kullanılır.

- Döşeme plakaları

Döşeme plakaları binalardaki taşıyıcı sistemlerin ara kat ve yürünebilir çatı döşemelerinde kullanılmaktadır.

- Çatı plakaları

Yapılarda çatı döşemeleri için üretilen büyük boyutlu prefabrik elemanlardır.

- Düşey duvar elemanları

Yığma yapılarda kullanılmak üzere üretilen ve bu yapıların iç ve dış duvarlarında kullanılan yapı elemanıdır.

- Yatay duvar elemanları

Betonarme, çelik, ahşap ve prefabrik yapılarda kullanılan donatılı yapı elemanıdır. Kolon aralarına ya da kolonların iç ve dış yüzeylerine monte edilerek kullanılır. Her türlü rüzgâr ve deprem kuvvetlerini karşılayacak şekilde üretilir.

- Yalıtım elemanları

İnşa edilen blokların en üst seviyede yalıtım sağlaması için kullanılan elemanlardır (İnt. Kyn. 7).

2.2.5 Gazbetonun Avantajları

2.2.5.1 Tasarımda Sağladığı Yararlar

- **Projelendirmede kolaylık sağlaması**

Gazbetonun standart boyutlarda üretilmesi sonucunda projelendirme esnasında modüler tasarıma imkân tanıdığından gazbeton tasarımda daha baştan kolaylık sağlamaktadır.

- **Dış duvar kalınlıklarının azalması**

Gazbeton çeşitli boyutlarda üretilip, yalıtım özelliğinden dolayı dış duvar kalınlıklarını azaltacağından iç mekân kullanım alanlarına 100m² de 4- 5m² alan kazandırmaktadır.

- **Bina taşıyıcılarının incilmesi**

Gazbeton yapı ürünleri hafif olduğundan binanın taşıyıcılarına gelen yükü azaltır ve dolayısı ile bina taşıyıcıları tasarımda daha ince olarak tasarlanır ve böylece iç mekânların ve bina dış cephesinin tasarımında kolaylık sağlanır (İnt. Kyn. 8).

2.2.5.2 Yapımda Sağladığı Yararlar

Malzemenin kolay işlenebilirliği, çabuk ve rasyonel yapım açısından çok önemli bir yarardır. Ayrıca, basit ve açık konstrüksiyonlara, planlama ve şantiye

esnasındaki düşük maliyetlere yol açan yapı malzemesinin üniversallığı önemli bir yarardır. Gazbeton yapı sistemi ayrıca, yapım süreçlerini de hissedilebilir bir şekilde kısaltmaktadır. Bu da sonuçta daha az bir yatırım maliyeti demektir. Gazbeton bloklar ile duvar örmek veya gazbeton paneller ile duvar oluşturmak ve duvarın üzerinde farklı malzeme ve yöntemler ile sıva ve benzeri işlemleri gerçekleştirmek son derece kolaydır. Bu işlemler nitelikli elemanlara ihtiyaç göstermez, diğer duvar malzemelerine kıyasla daha az işçilik gerektirir, sonuç olarak da yapımda sıva ve işçilik maliyeti önemli ölçüde düşer. Böylece yapım maliyet ve süresi önemli ölçüde azalmış olur. Bu noktaların göz önüne alındığında gazbeton yapı ürünlerinin kullanımı hem rasyonel, hem de ekonomiktir. Bunun ötesinde sağlanan yararlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Gelişmiş bir teknoloji ile üretilen gazbetonun ölçüleri milimetrik hassasiyettedir. Bunun nedeni üretim tesislerinde uygulanan son derece gelişmiş kesim teknolojisidir. Bu da temiz ve hassas, üst yüzeyleri düzgün olan yapı elemanlı bir yapı konstrüksiyonuna imkân sağlamaktadır. Sonuç olarak çeşitli duvar örgü malzemelerine kıyasla gazbeton bloklar çok daha az emek ile düzgün yüzeylere sahip duvarların elde edilmesini sağlamaktadır. Düzgün yüzeyli duvarlar sıvayı kolayca kabul ederek sıva işçilik ve malzemesinden tasarruf sağlamaktadır. Blok yüzeylerinin düzgün ve boyutların hassas olması harç yerine örgü tutkalı kullanılmasına olanak vermekte böylece duvarlar daha hızlı örülebilmekte ve ısı köprüleri ortadan kalkmaktadır. Büyük yüzeyli gazbeton yapı elemanlarındaki ölçü hassasiyeti montajı rasyonelleştirmektedir (Hasol 1967, Okan 1978).

Yapı malzemesinin hafifliği, ayrıca duvar büyüklüğünde yapı elemanlarına ulaşan yapı elemanı formatına imkân kılmaktadır. Gazbeton yapı bloklarının sadece 8 tanesi ile 1m² duvarın örüldüğü göz önüne alındığında sağlanan işçilik tasarrufu ve yapım hızı daha iyi anlaşılmaktadır. Yığma sistemde betonarme döşeme yerine, gazbeton panellerle döşeme yapımı, hem maliyet hem de yapım süresi yönlerinden avantajlı olduğu gibi kalıpla da uğraşılmayacaktır.

Gazbeton ürünleri nakledilebilir birimlerde toparlanmıştır. Ağırlığın ve nakil birimlerinin uygunluğu, nakil kapasitesinin tam kullanılmasını sağlamaktadır. Örneğin; gazbeton duvar blokları taşımaya uygun bir biçimde paketlenmişlerdir. Malzemenin yoğunluğu taşıt kapasitesinden tam olarak yararlanma olanağı vermektedir. Gazbeton yapı ürünleri betondan 6, tuğladan 3 kez daha hafif olduğundan nakliyeden tasarruf sağlar. Yani gazbeton yapı ürünlerinin taşınması hem kolay hem ekonomiktir.

Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı (malzemenin rasyonel olması ve kolay işlenebilmesi ve kolay montaj olanağı sayesinde) gazbeton yapı malzemeler yapı üretiminde hız sağlamaktadırlar. Gazbeton konut sistemi ile yapı üretimi büyük sürat kazanmakta, zamandan tasarruf edilmekte ve hava şartlarına bağlı kalınmadan, hemen hemen her mevsimde yapı inşa edilebilmektedir. Ayrıca malzemenin standartların öngördüğü bütün özellikleri (standart boyutlar, basınç dayanımı, ısı ve ses yalıtımı özellikleri vb.) bünyesinde barındırıyor olması ile de yapı üretimine ve dolayısıyla yapıya kalite katmaktadır (Kömürlü ve Önel 2007).

2.2.5.3 Yapıda Sağladığı Yararlar

- **Geniş kapsamlı özellikleri olan bir yapı malzemesi**

Gazbeton dengeli özelliklere sahip bir yapı malzemesidir. Birden fazla yapı malzemesinin birlikte kullanılması ile ulaşılabilecek pek çok olumlu özelliği tek başına bünyesinde toplamıştır ve çok işlevlilik özelliğine sahiptir. Bu durum deneyler, araştırma sonuçları ile dünyada ve ülkemizde elde edilen deneyimler ile doğrulanmıştır.

- **Hafif olmasına rağmen yine de masif bir yapı malzemesi**

Gazbeton masif yapı malzemeleri arasında hafif ağırlıklı bir malzemedir. Gazbeton yapı elemanı milyonlarca küçük hava boşluklarına rağmen masiftir. Ağırlığın düşük olması, nakliye ve uygulamada iyi yararlar sağladığı gibi statik

açından da malzeme ve yük tasarrufunda oldukça ekonomik konstrüksiyona izin vermektedir. Endüstriyel yapılarda olduğu gibi sosyal ve konut amaçlı yapılarda da daha hafif taşıma konstrüksiyonları ve daha küçük temel boyutları elde edilebilmektedir.

- **Yüksek basınç dayanımı**

Gazbeton montaj elemanları ve blokları TS 453 ile tanımlanan değişik dayanım sınıflarında üretilmektedir. Bunlar: G2, G3, G4 ve G6'dır. G1 sınıfında 15 kg/cm² olan basınç dayanımı G6 sınıfında 75 kg/cm² ye kadar çıkmaktadır. Gazbeton basınç dayanımı, yoğunluk ve ısı yalıtkanlığı özelliklerinin optimum düzeyde dengelendiği bir malzemedir.

- **Çok uygun ısı yalıtım özelliklerine sahip masif bir yapı malzemesi**

Bünyesinde yer alan küçük gözenekler içinde hapsedilmiş hava nedeni ile gazbeton etkin ısı yalıtım özelliği gösterir, bu da oldukça düşük bir K-değeri sağlamaktadır. Isı yalıtımına ilişkin yönetmelik ve standartların tüm isteklerini ek bir ısı yalıtım malzemesine gerek kalmadan gazbeton tek başına sağlamaktadır. Böylece pek çok yapı fiziki sorunu da ortadan kalkmış olur.

- **Dengeli ısı depolama özelliği**

Gazbeton yapı fiziki açısından diğer bir üstünlüğü ise ısı depolama özelliğidir. Dış duvarlarda kullanılan gazbeton, yapıyı dışarıda oluşan ısı farklılaşmalarından koruyarak yapı içinde sağlıklı ve konforlu bir ortam oluşmasını sağlamaktadır.

- **Örnek olabilecek difüzyon davranışı**

Yapılarda sağlıklı ve konforlu mekânların oluşturulabilmesi için duvar bileşenlerinin ısı yalıtım ve ısı depolama özelliklerinin yanı sıra difüzyon davranışları da oldukça önemlidir. Gazbeton, difüzyona açık özelliği ile

çevrelediği ortamın nem dengesinin kurulmasına yardımcı olur. Gazbeton ürünlerindeki milyonlarca gözenek, yapının nefes almasını sağlayarak rutubetlenmeyi önler, konfor düzeyini artırır, dolayısı ile sağlıklı iç mekânlar yaratır.

- **Gazbeton yapı elemanlarının yangından koruma özellikleri idealdir**

Gazbeton gözenekli ve yanmayan bir yapı malzemesidir. Gazbeton yapı elemanları uygulamaya göre her yangın direnç sınıfına uyabilmektedir. İnorganik yapısı sayesinde gazbeton yapı malzemeleri A1 sınıfı yanmaz malzeme grubundadır. Böylece 1200° C' ye ulaşan sıcaklığa dayanır. Bu özelliğiyle yapılarda yangın güvenliği sağlar.

- **Şekil, hacim stabilitesi**

Aşırı koşullar altında bile gazbeton ürünlerde önemli hacim değişikliklerine rastlanmaz yani gazbeton yapı elemanları stabildir. Yapılan deneyler ısıya bağlı uzama ve kısalma miktarlarının standartların öngördüğü miktarların altında olduğunu göstermektedir.

- **Düşük su emme**

Gazbeton yapı malzemesinin strüktüründeki, dokusundaki kapalı gözenekler sayesinde gazbeton yapı elemanlarının su emmesi, kılcal damarlı strüktürü olan yapı malzemelerine nazaran çok daha yavaş gerçekleşmektedir. Gazbeton yapı elemanlarının denge rutubeti hacimsel olarak %1,5- 2 arasındadır (% 40-%50 gibi nisbi bir rutubette). Gazbeton duvar konstrüksiyonlarını hava etkilerinden korumak için, büyük boyutlu, donatılı yapı elemanlarının kaplanmaları ve duvar bloklarının da sıvanmaları yeterli olmaktadır. Gazbeton çatı konstrüksiyonlarına bilinen kaplamalar uygulanır. Gazbeton mineral malzeme olarak çürüme göstermez.

- **Düşük don hassasiyeti**

Gazbeton dona karşı hassas bir malzeme değildir. Rutubet içeriği belli bir ölçüyü aşmadıkça, kireç ve çimento bağlayıcılı gazbeton sıvasız olarak kullanıldığında bile dona karşı yeterli direnç göstermektedir. Yine de malzemelerin, özellikle ısı yalıtım niteliğinden yararlanabilmek için, içerisine su girmesi engellemelidir yani malzemenin nemlenmemesine dikkat edilmelidir.

- **İyi bir ses yalıtımı**

Masif gazbeton yapı malzemesi birçok durumda geçerli olan ses yalıtım şartlarını, ek bir yalıtım gerektirmeden yerine getirmektedir.

- **Toksik Maddeler**

Gazbetonun bünyesinde hiçbir toksik madde yoktur.

- **Hafiftir Depreme Dayanıklı**

Gazbeton yapı malzeme elemanları betondan 6, tuğladan 3 kez daha hafif olması nedeniyle; nakliyeden, demir ve çimentodan önemli ölçüde tasarruf sağladığı gibi, yapı hafiflediği için deprem emniyeti artar, her türlü zemin şartlarında güvenlikle inşa edilebilir.

- **Çevreye karşı uyum**

Gazbeton yapı malzemesi özellikle çevreye karşı uyumludur. Hammadde olarak doğada zengince bulunan kuvarz kumu, kireç, çimento, su gözenek oluşumu için de ince taneli metalik alüminyum kullanılmaktadır. Üretimden dolayı, ortaya çıkan malzeme atıkları ya üretim dolaşımına geri dönecektir veya başka ürün şeklinde, örneğin granül tanecikleri olarak çıkmamaktadır. Gazbeton yapı malzemesi ve yapı elemanları gaz veya çevreyi tahrip eden maddeler

çıkartmamaktadırlar. Gazbeton insanoğluna daha az yakıt harcayarak daha çok ısınabilme olanağı verdiği için, temiz havaya katkısı olan bir yapı malzemesidir.

- **Kolay temizlenebilme, onarılabilme, bakım-onarım maliyeti**

Gazbeton yapı malzemelerinin kullanımında bozulma, zedelenme az rastlanır bir olaydır. Üzeri kaplanmış veya sıvanmış gazbeton ürünlerde hiç yok denecek kadar azdır. O yüzden bakım onarım maliyeti pek yoktur. Ama yine de az da olsa gazbeton ürünlerinde bir bozulma olursa, ürünlerin standart olarak üretilmesi sonucu parçaların bir araya getirilmesi ile üretilen yapının herhangi bir ögesindeki bozuk parça alınıp yenisi takılır. Yani gazbeton yapı ürünleri kolay onarılabilir ve bakım-onarım maliyeti de düşük olur. Bu özellikleri sebebiyle, gazbeton yapı ürünlerinin toplu konut üretiminin amaçlarına çok uygun bir yapı ürünü olduğu görülmektedir. O nedenle gazbeton yapı ürünlerinin toplu konut üretiminde kullanımı sırasında projelendirme ile uygulama aşamalarının kurallarına göre yapıldığı takdirde amaçlanan hızlı, kaliteli ve ekonomik konutların üretildiği ve üretilbileceği görülmektedir (İnt. Kyn.8).

2.2.6 Gazbetonla İlgili Standartlar

- TS 453 Gaz ve Köpük Beton Yapı Malzeme ve Elemanları
- TS802 Beton Karışım Hesap Esasları
- TS EN 679 Gaz ve Köpük Beton-Basınç Mukavemeti Tayini
- TS EN 680 Gaz Beton- Kuruma Büzülmesi Tayini
- TS EN 989 Gaz Beton- Donatı Çubuklarının Aderans Davranışının Sıyırma Deneyi ile Tayini
- TS EN 991-1356 Gaz Beton veya Hafif Agregalı Gözenekli Beton- Ön yapımlı Donatılı Bileşenlerin Yanal Yükler Altında Performans Deneyi
- TS EN 992 Hafif Agregalı Gözenekli Beton-Kuru Yoğunluk Tayini
- TS prEN 1351 Gaz Beton-Eğilmede Çekme Dayanımı Tayini

- TS prEN 1352 Gaz Beton veya Hafif Agregalı Gözenekli Beton- Basınç Altında Statik Elastisite Modülü Tayini
- TS prEN 1353 Gaz Beton-Rutubet Muhtevası Tayini
- TS prEN 1355 Gaz Beton veya Hafif Agregalı Gözenekli Beton-Basınç Altında Sünme Tayini
- TS 3289 EN 1354 Gözenekli Beton-Hafif Agregalı-Basınç Mukavemeti Tayini

2.3 Puzolanik Malzemeler

Beton teknolojisinde puzolanik malzemelerin yaygın olarak kullanılma yöntemi, bu malzemelerin beton üretiminde ince taneli mineral katkı maddesi olarak kullanılmaları şeklindedir. Puzolanlar kendi başına bağlayıcılık değeri olmayan yada çok az bağlayıcılık gösterebilen, fakat ince taneli durumda olduklarında ve sulu ortamda kalsiyum hidroksit ile birleştiklerinde hidrolik bağlayıcılık gösteren malzemeler olup üç grupta toplanabilirler;

Doğal puzolanlar,

Yapay puzolanlar (uçucu kül, silis dumanı, granüle yüksek fırın cürufu),

Isıl işlem uygulanmış olan malzemeler (Topçu 2006).

Puzolanik maddeler, silissi veya alüminyum silikatlı veya bunların bileşiminden oluşan doğal maddelerdir. Puzolanik maddeler su ile karıştırıldığında kendi kendine sertleşmezler fakat ince öğütüldüğünde ve suyun mevcudiyetinde normal çevre sıcaklığında çözünmüş kalsiyum hidroksitle (Ca(OH)_2), dayanımı geliştiren kalsiyum silikat ve kalsiyum alüminat bileşikler oluşturmak üzere reaksiyona girerler.

Bu bileşikler, hidrolik maddelerin sertleşmesinde oluşan bileşiklerle benzerdir. Puzolanlar esasen reaktif silisyum dioksit (SiO_2) ve alüminyum oksit (Al_2O_3)'den oluşmuştur. Geri kalan kısım demir oksit (Fe_2O_3) ve diğer oksitleri ihtiva eder. Sertleşme için reaktif kalsiyum oksit oranı ihmal edilebilir. Reaktif silisyum dioksit miktarı kütlece % 25,0'den az olmamalıdır.

Puzolanlar (traslar) kimyasal olarak SiO_2 ve az miktarda Al_2O_3 ’den oluşan maddelerdir. Su ile karıştırıldıklarında çamur haline gelir. Kurutulduktan sonra tekrar eski hallerine geri dönerler. Bunlar (puzolanlar) kireçle karıştırılırsa suda çözünmeyen bir kalsiyum silikat tuzuna dönüşürler. SiO_2 içeren her toprağın puzolan olmayacağı açıktır. Hangi toprağın bu özellikte olduğu aktivite testi yapılarak belirlenir. ASTM C 618-72 nolu standarda göre bir puzolan da $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > 0,70$ şartı gerçekleşmelidir.

Diğer taraftan CaO miktarı da % 4’ü geçmemelidir. Amorf olması ve aktif olması gerekir. Bu nedenle kimyasal analiz sonuçları ile beraber mekanik deneylerle de maddenin puzolanik olup olmadığı kanıtlanmalıdır. Puzolanlar kirece katıldıkları gibi üretim sırasında çimentoya da katılırlar. Böylece katkılı portland çimentosu, traslı çimento dediğimiz türde çimentolar elde edilir. Puzolanların çeşitleri Çizelge 2.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.8 Puzolanların çeşitleri (İnt. Kyn. 9)

Doğal Puzolanlar	Yapay Puzolanlar
Volkanik Küller	Pişmiş Kil
Killi Şist	Tuğla veya Kiremit Tozu
Diyatomit Toprağı	Uçucu Kül
Pomza Taşı	Yüksek Fırın Cürufu
-	Silis Dumanı

TS 25 (1975)’e göre doğal puzolanlar da aranan kimyasal özellikler.

- $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ en az % 70 ve $\text{CaO} < \% 4$
- MgO en çok %5
- SO_3 en çok %3, Rutubet en çok %10 olmalıdır (Int. Kyn.8).

2.4 Diyatomit

2.4.1 Tanımı ve Tarihçesi

Diyatomit sözcüğü kayacı oluşturan diyatome adı verilen, silisli alglerden oluşmaktadır. Almanca ve Fransızca da kieselgur, İngilizce’ de ise diatomaceous earth diatomite adları kullanılır. Danimarka’da kil ve tuf ile karışık diyatomitlere moler, moler earth adı verilir (Ağadayı 1997).

Diyatomit su yosunları sınıfından olan tek hücreli, mikroskopla görülebilecek kadar küçük diyatomların silisli kavkılarının birikerek fosilleşmiş kavkılarından meydana gelen organik tortul bir kayadır (Resim 2.3) (Meisenger 1985).



Resim 2.3 Kayaç Halinde Diyatomit (Bruvel 1999)

Diyatomit, diyatomalı toprak, diyatomalı silis ve kizelgur deyimleri eş anlamlı olup Tripolit, Moler, Fosil unu, Silis unu, Dağ unu, İnfüzuvar toprağı, Parlatma toprağı, Moskof toprağı, Bann kili, Beyaz turbo gibi isimler ile de anılmıştır (Borat 1992).

Diyatomlar, binlerce türdeki mikroskobik su yosunu ailesini içerir ve tipiksel olarak 50-100 µm boyutlarındadır. İskeletler silika ihtiva ederler ve geniş çapta değişik şekillerde bulunurlar. Bu şekiller, silindirik, çubuk, yıldız formundadırlar ve tipiksel olarak içleri boş ve delikli bir yüzeye sahiptirler. Diyatom iskeletlerinin açık yapılarından dolayı diyatomlar bir hafif kayadırlar (Bruvel 1999).

Jeolojik devir olan Neojen, diyatomitlerin ve dolayısı ile diyatomit yataklarının maksimum gelişim gösterdiği devirdir. Türkiye’de oluşmuş olan diyatomit yataklarının büyük bir kısmı Neojen ve Neojen devrinin içerisinde bulunan Miyosen devrine aittir.

Ayrıca Miyosen devrindeki araziler deniz ve tatlı su gibi iki durumu da kapsamaktadır. Diyatomit yataklarının bulunuşu ile püskürük kütleler arasında büyük bir bağlantı vardır. Diyatomlar kavrılar için gerekli SiO_2 'i yeterli miktarda bu kütlelerdeki silikatlardan sağlanmışlardır. Türkiye'de bulunan volkanik kütlelerle kesilmiş tatlı su gölleri diyatomit rezervlerini hazırlamıştır. Bazı rezervlerde volkanik tuf ve diğer volkanik malzemeye rastlanmaktadır.

Diyatomitin dünyada kullanımı çok eski zamanlara dayanmaktadır. MS 500'lü yıllarda İstanbul'da inşa edilmiş olan Ayasofya Camiinin kubbesinde hafifliğinden dolayı diyatomit tuğla kullanıldığı bilinmektedir. Buna rağmen, diyatomitin Batı Avrupa'da yalıtım amaçlı olarak kesme blok ve tuğla şeklinde ticari anlamda kullanımı 1800'lü yılların ortasına rastlamaktadır (By Lloyd 1998).

Isı yalıtımında kullanılan diyatomiti, diyatome denilen tek hücreli organizmaların kabuklarının çökelmesinden meydana gelen, tebeşir görünümünde, yüksek miktarda amorf silis ihtiva eden, beyaz renkli, su ile karıştırıldığında yapışkan çamur meydana getirmeyen, kütesinin birkaç katı su absorbe edebilen ve parmaklar arasında kolayca ezilebilen bir madde olarak tanımlanmıştır (TS 9773 1992).

2.4.2 Diyatomit Yataklarının Oluşumu ve Dağılışı

Diyatomeler Jura'dan günümüze değin yaşamlarını sürdürmektedir. Ancak asıl gelişmeleri Neojen'de olduğu için genç devirlere ait yataklar fazlasıyla yaygındır. Diyatome kavkısı iki bölümden yapılıdır, arada canlı hücre çok yaygındır. Silisli algler olarak isimlendirilen diyatomeler, başlıca iki tip olarak büyük yayılım gösterirler. Centricae, yuvarlak veya diskoit biçimli ışınsal simetrilidir. Pennatae ise, uzunca kavkılı olurlar. Diyatome kavkıları 2-200 mikron boyunca çok ince gözenekli ve mikroskopta ilginç görüntüleri ile son derece dikkat çekicidir. Diyatomeler, ekolojik yönden son derece önemli organizmalardır. Denizel veya karasal ortamda, tatlı veya tuzlu suda, nemli kaya yüzeylerinde bile yaşayabilen bu canlılar, ortamda tuzluluk, pH, oksijen, sıcaklık, kirlilik gibi birçok etkene bağlı olarak farklı yayılım özellikleri gösterirler.

Denizel ortamlarda oluşan şekiller iri kavkılara sahiptir. Tatlı su ortamında yaşayan bentonik tipler (Syndra, Fragilaria, Naviculav, Epithemia vb.) ise küçük ve yuvarlak kavkılıdır.

Diyatomeler suda erimiş durumda bulunan silisin çok önemli bir tüketicisidirler. Fotosentez yapma zorunda oldukları için suyun üst, ışığa yakın bölümlerinde yaşamlarını sürdürürler. Diyatomelerin suda gelişmesi için ortamda silis doygunluğuna gereksinim yoktur. Ancak suda erimiş silisin artması diyatomelerin daha yaygınlaşmasına, hızla üremelerine ve organizmanın ölümünden sonra kavkının çözülmeyle dipte toplanmasına ve kökeni organik olan sedimanter kayaç oluşturmaya yol açar (Resim 2.4).

Diyatomelerin gelişmesine neden olan silisin suda artması başlıca iki yoldan gelişebilir. Volkanizma sırasındaki veya sonrasındaki termal etkinlik ile suda erimiş silis sıcaklıkla doğru orantı olarak 400 ppm'e kadar çıkabilir. Bu şekilde gelişmiş yataklarda diyatomit içinde silis yumruları veya opal katmanları oluşur. Ayrıca tuf ve tüfit katkıları da boldur. İkinci olarak silis, ortamda silikat ayrışımı sonucunda açığa çıkarak artabilir. Ayrışma sonucu, tuf ve tüfitlerin plajiyoklasları ile bazı volkanik camlar ikincil silisli olarak daha kolay açığa çıkabilirler. Bu durumda özellikle montmorillonit türü kil mineralleri de yaygın olarak gelişir. Her iki şekilde de diyatomit yatakları ile silisin kökeni olan volkanizma arasındaki ilişki kesinlikle belirmektedir.

Diyatomeli çökellerin sınıflamasını ilk kez Taliefferro (1933) yapmıştır. Buna göre ayrılan dört tip diyatomeli çökel şunlardır:

- Okyanusal diyatome çamurları,
- Bataklık tortular,
- Pleistosen interglasyel göl oluşukları,
- Volkanizma ile ilişkili gölsel ve denizel çökeller.

Günümüzde işletilen diyatomit yatakları ikinci türde olanlardır. Ancak Atlas ve Pasifik Okyanuslarının güney kesimlerinde yaygın olan diyatomeli çamurlar gelecekte çok büyük önem kazanır. Kuzey Almanya'nın Lneburger Heide çökeller Kalifornia ve

Cezayir'in Miyosen yaşı diyatomitleridir. Bu grubun tatlı su oluşukları ise orta Avrupa, Türkiye, Avustralya ve daha pek çok yerde yayılım gösterir.



(a)

Resim 2.4 Diyatomitin Nehir Kenarında Bulunuşu(a)



(b)

Resim 2.5 Diyatomitin ıslak kayalarda bulunuşu(b)

Diyatomit oluşumu için ortamda silis fazlalığının yanı sıra önemli diğer bazı koşullar da gereklidir. Geniş sığ basenler, fotosentezi engellemeyen derinlikler diyatomelerin gelişmesi için önemlidir. Kırıntılı sedimantasyon özellikle planktonların denizde veya göllerde gelişmesini sağlar. Ayrıca dip sedimanlarında organik madde bulunması toksit maddelerin olmaması, karbonatın çok az oluşu, erimiş tuzların varlığı diyatomelerin gelişmesini sağlayan diğer önemli faktördür.

Çok büyük boyutlarda üreyebilen bu organizmalar sedimantasyon hızının yüksek olmasını sağlarlar. Bazı araştırmacılar, Kuzey Almanya diyatomitlerinin yıllık çökmesinin 0.5-5.0 mm, denizel diyatome çamurunda da 4.0 mm olduğunu yaptıkları incelemeler sonucu saptamışlardır.

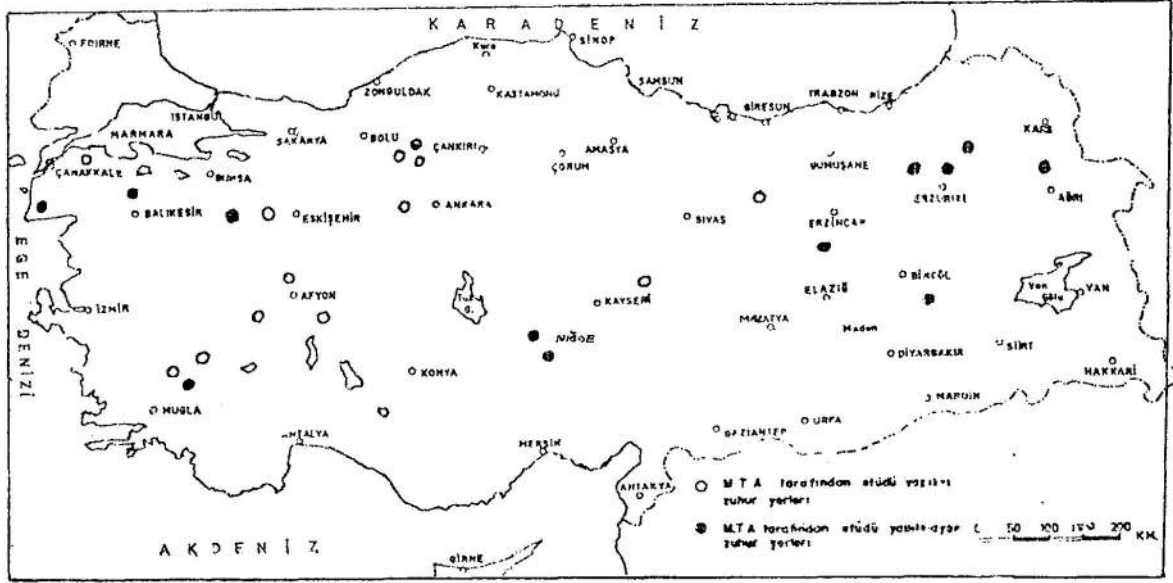
Çökelen diyatomeli çamurun ekonomik bir nitelik kazanması için hafif bir diyajenez (taşlaşma) geçirmesi gereklidir. Metamorfizma veya kimyasal ayrışma sonucu diyatomit opal, çört ve porselenite dönüşebilir. Açık renkli diyatomitler sanayi tarafından tercih edilmektedir (Ağadayı 1997)

Diyatomların gelişmesi için oluşması gereken şartlar şunlardır (Işık 1984, Yıldız 1997).

- Yeterli miktarda silis (SiO_2) bulunmalıdır. 1-5 mg/lt olan sularda oluşan tortul kayalar diyatomit bakımından zengindir. Bu halde temiz ve saf bir diyatomit rezervi oluşur.
- Nötr veya hafif alkali içeren suların bulunması gelişmeyi hızlandırmaktadır.
- Diyatomit cinsine göre düşük su sıcaklığı istenip, 3 ile 16 °C arasında olmalıdır.
- Düşük bir fosfat ve nitrat içeriği olması gerekli olup, bu halde diyatomlar diğer mikro-flora üzerinde hakim olarak gelişirler ve sonuç olarak sudaki pH değeri düşmez.
- Fotosentez olayının olması gereklidir. Bunun için yatağın fotosentezi engellemeyen derinliklerde (35 m veya daha az) olması gerekir.
- Besleyici miktarının fazla olması gerekir. Bu da havzada diyatom gelişme ve üremesini engelleyen bir durum olmamasıyla sağlanır.
- Toksik madde olmamalıdır. Havzadaki evaporasyonun, havzayı besleyen akışlardan düşük olması gerekir. Su bileşiminde diyatomların gelişmesine engel olacak bir fazlalık bulunmamalıdır.
- Klasik tortul materyalin miktarı minimum olmalıdır. Bu aynı zamanda diyatomitin ekonomikliği için de gereklidir.

2.4.2.1 Türkiye Diyatomit Yatakları

Türkiye’de çeşitli bölgelerde diyatomit seviyeleri vardır. Bunlar Neojen yaşlı volkaniklerle ardışıklı gölsel sedimanlarıdır. Volkanizmanın da dağılımı göz önüne alınırsa Türkiye’deki yataklar dört bölgede toplanabilir (Resim 2.6)(Topluoğlu 1982, M.T.A 1968).



Resim 2.6 Türkiye diyatomit yatakları (Topluoğlu 1982)

Kayseri-Nevşehir yöresi: Erciyes ve Melendiz Dağları Neojen volkanizması ile ilişkili diyatomit yatakları Aksaray ve Kayseri arasında yüzeylenirler. Kayseri’nin 30 km kadar kuzeyindeki alt Pliyosen yaşlı Hırka diyatomiti Türkiye’nin en büyük yatağıdır. Burada saf, türlü, killi ve karbonatlı dört ayrı tipte toplam 50 milyon m³ civarında rezerv bulunmaktadır. Tabandaki aglomere ve tüfitlerin üzerindeki diyatomit killeri ara tabakalı olup toplam kalınlık 21.5 m’ye ulaşmaktadır.

Bu gölde oluşmuş olan diyatomite kenar kesimlerde Synerda ve Fragilaria gibi bentonik, ortada ise Melosira ve Cyclotella gibi planktonlar yaygındır. Göl suyunun az tuzlu bir devresinde Actinoptychus bulunur. Kayseri civarında ayrıca Keprin-Toklar, Melenki, Oymağaç ve Beydeğirmeni köylerinde diyatomit mostraları bulunmaktadır.

Niğde-Nevşehir arasındaki Gelveri bucağının Belısırma ve Ihlara yöresindeki diyatomitler tuf, tufit ve killerle ardışıklıdır. Belısırma stepfanodiscus, Ihlara'da Melosira egemendir. Bu yataklardaki diyatomitler çoğunlukla killidir. Ürgüp-Aksalur yolunda bir mostrada iyi kaliteli, ancak çok küçük rezervli diyatomit belirlenmiştir.

Ankara-Çankırı yöresi: Çankırı il sınırı içinde Çerkeş, Şabanözü ilçeleri arasında kalan alanda Akhasan, Karaağaç, Bastak yöresinde diyatomit mostraları bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından Akhasan'da 4 milyon ton görünür, 29 milyon ton mümkün rezerv olduğu belirtilmektedir. Karaağaç yatağı, 970 bin m³ rezerv saptanmıştır. Bastak yataklarında ise, 1.5 milyon ton muhtemel rezervden söz edilmektedir. Ancak bu yataktaki diyatomitin kalitesi iyi değildir. Çankırı diyatomitleri uzun zamandan beri işletilmektedir.

Ankara ili Güven köyü mostrası bazı araştırmacılar tarafından incelenmiş, karbonatlı olan diyatomitin Sürriella ve Navicula türlerinden oluştuğu saptanmıştır. Ayaş'ın Başberket ve Gücügöz zuhurları ise genellikle kalitesiz diyatomitlerdir

Batı Anadolu Bölgesi: Çanakkale'nin Çan ilçesinin Keçialan köyü yöresindeki diyatomitler önemsizdir. Gönen-Balya yolu üzerinde de diyatomit mostraları gözlenmektedir. Bursa'nın Orhaneli ilçesi Aktepe yöresinde de diyatomit yüzeylenmektedir. Kütahya Alayunt'ta önemsiz diyatomit seviyeleri vardır Uşak ili Karaağıl köyü zuhurunun rezervi pek de büyük değildir. Afyon ili İscehisar bucağının Seydiler diyatomit mostraları incelenmiş, rezervinin 180 bin ton dolayında olduğu belirlenmiştir (Resim 2.7). Bu gölgede yüzeylenen diyatomit, tabandaki riyoolitik tuf ile bazalt örtüsü arasında yer almaktadır. Bu seviyeler tüflerle ara katkılıdır.



Resim 2.7 Diyatomitin doğadan Görünümü (Afyonkarahisar/Türkiye).

Aydın ilinin Karacasu ilçesi Dedeler Köyünde yer alan diyatomit oldukça iyi kaliteli ve 10 m'ye varan kalınlıktadır. Beyaz renkte ve süzme alanında kullanılabilecek kalitede ince uzun bentonik formlardan oluşan diyatomit travertenler tarafından örtülmüştür. Zaman zaman işletilmektedir. Denizli'nin Sarayköy ilçesi Tırkaz ve Karakıran köyleri mostraları ise killi ve kükürtlüdür. Bu yörede yüzeylenen diyatomitlerin kalitesi iyi değildir.

Doğu Anadolu Bölgesi: Erzurum ilinin Oltu ilçesinde bir diyatomit yüzeylenmektedir. Ayrıca Van Muradiye'de yine diyatomit mostraları vardır. Öte yandan bölgede volkanizmanın çok yaygın olması, burada daha diyatomit yataklarına rastlanabileceğinin düşüncesini ortaya koymaktadır.

2.4.2.2 Dünya Diyatomit Yatakları

Dünyadaki diyatomit yatakları dört grup altında toplanmaktadır.

Avrupa: Avrupa'nın en önemli diyatomit yatakları Kuzey Almanya'da Lüneburger Heide'de yer almaktadır. Pleistosen'de inter-glasiyal göllerde oluşmuş bulunan diyatomitler açık olarak işaretlenir. Bu bölgedeki rezervler 12 milyon m³ dolayındadır. Tatlı su kökenli diyatomitler, Fransa'nın Masif Central yöresinde yaygın olarak

bulunur. Fransa'da olduğu gibi İtalya'nın Toscana, Bohemya'nın Franzensbad diyatomitleri volkaniklerle ilişkilidir. İspanya'daki tatlı su kökenli yataklar kapalı ve açık olarak işletilmektedir. Viyana havzasının Limberg yatakları ise denizel oluşuklardır.

Danimarka'da Moller adı verilen Alt Tersiyer yaşlı diyatomit tuf-kil karışımı yüksek demir ve kil kapsamı nedeniyle yalnız yapı sanayinde kullanılmaktadır. Denizel kökenli bu yatlardan yılda 200.000 ton dolayında üretim yapılmaktadır. İzlanda'da Mnavant gölünden Holosen yaşlı diyatome çamuru elde edilmektedir. İskoçya ve İngiltere'de pek iyi kaliteli olmayan diyatomit oluşumları bilinmektedir. Ayrıca Yugoslavya ve Macaristan'da işletilen diyatomit yatakları vardır.

Afrika: Cezayir'in Miyosen yaşlı Beide Serisi'nin denizel diyatomitleri karbonatlı ve jipslidir. Kısmen yer altı galerilerinden işletilen diyatomit Fransa ve İtalya'da satılmaktadır. Kenya'da Rift Valley'de Pleistosen yaşlı gölssel diyatomitler işletilmektedir. Güney Afrika'da bazı diyatomit yatakları olduğu bilinmektedir.

Asya ve Okyanusya: Urallar, Ermenistan ve Kafkasya'da önemli diyatomit yatakları mevcuttur. Japonya'da Hokkaido'da, ayrıca Kore, Kıta Çini, Endonezya, Avustralya ve Yeni Zellanda'da diyatomit yatakları belirlenmiştir.

Amerika: Dünyanın en büyük diyatomit yatakları Kaliforniya-Lompoc'da Miyosen yaşlı denizel Siskuok formasyonunda yer almaktadır. Diyatomit kalınlıkları 300 m'ye kadar ulaşır. Aynı zamanda kıvrımlanmış olan bölgede diyatomitler yer yer metamorfizmaya uğrayarak porselenit veya çöрте dönüşmüştür. Amerika Birleşik Devletlerinde ayrıca Maryland'da denizel, Nevada, Washington, Oregon, Arizona ve Kansas'ta tatlı su kökenli diyatomit yatakları işletilmektedir (Resim 2.8).

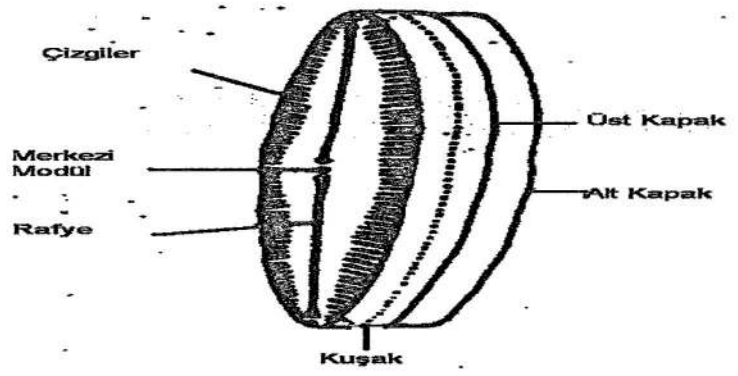
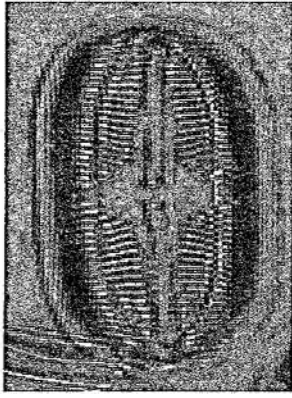


Resim 2.8 Diyatomitin doğadan görünümü (Nevada and Oregon/USA).

Kanada’da Quesnel’de Miyosen yaşlı tatlı su diyatomitlerinden üretim yapılır. İyi kaliteli yataklar Meksika’da yaygındır ve buradan yapılan üretim kuzey Almanya ve Avrupa’ya satılır. Güney Amerika’da Arjantin, Brezilya, Şili, Peru ve Kolombiya’da pek önemli olmayan diyatomit seviyeleri vardır (Karaman ve Kibici 2008).

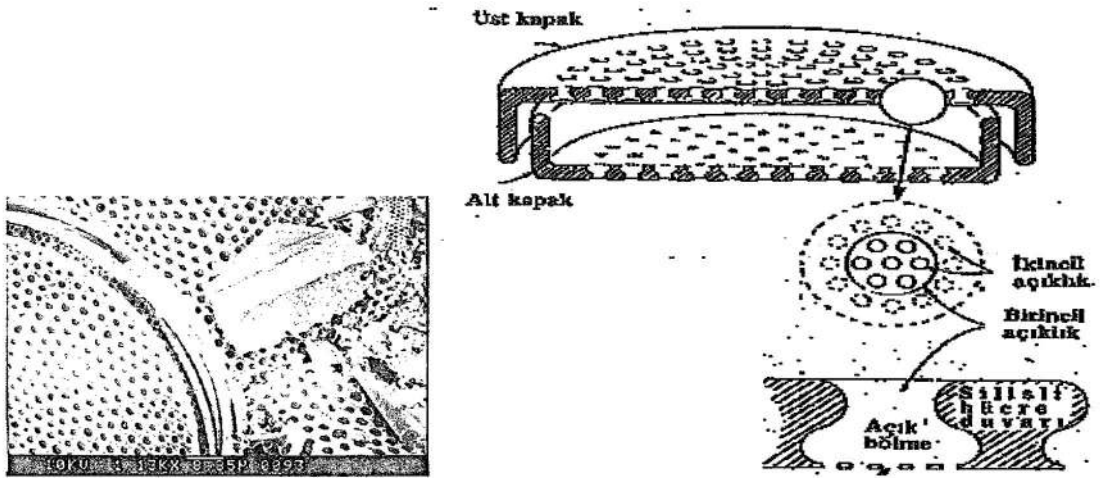
2.4.3. Diyatomitin Yapıları, Sınıflandırılması

Diyatomitlerin hücre çeperleri, biri içeride kalan, diğeri onun üzerine geçen iki parçadan ibaret kutuya benzer. Bu iki parça mekanik olarak kolaylıkla birbirinden ayrılabilir. Büyük olan üst kapağa epiteka, küçük olana ise hipoteka denir. Diyatom kabuğunun çevresel kısmına yani kapakların birbirini örtükleri kısma kuşak denir. Diyatomitlerin yandan görünüşleri genellikle dikdörtgene benzeyip, üst görünüşleri ise diyatomitin cinsine göre büyük değişiklik gösterir. Çubuk şeklinde olanların üstünde rafe denilen, boydan boya tek veya iki parça halinde uzanan bir yarık vardır. Kabukların üzerinde diyatomite mukavemet sağlayan bazı girinti ve çıkıntılar mevcuttur (Yıldız 1997) (Resim 2.9).



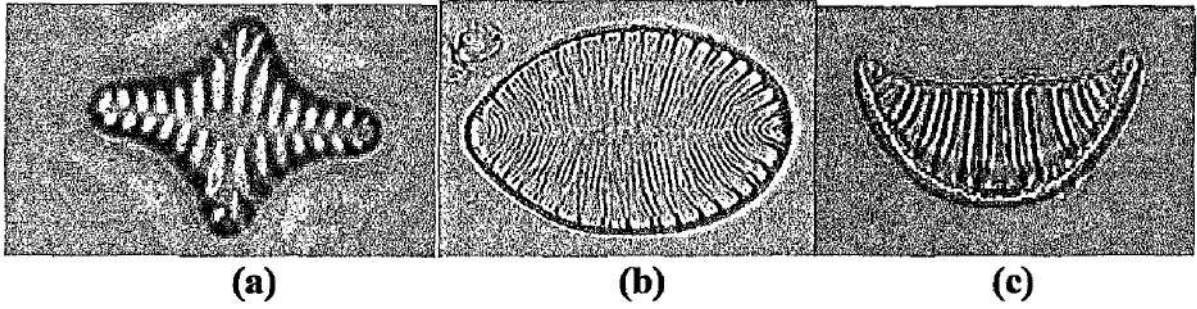
Resim 2.9 Çubuk Şekilli Bir Diatomitin Görünüşü

Diatomitlerin dairesel veya elips şeklinde olanlarının en küçüklerinde $\text{çap } 2.5 \mu\text{m}$, en büyüklerinde ise nadiren 2mm ; çubuk şeklinde olanlarda ise boy nadiren 2mm 'yi geçer. Diatomitlerde ortalama $\text{çap ve uzunluklar } 5\text{-}100 \mu\text{m}$ arasındadır. Diatom kavkısı üzerindeki deliklerin $\text{çapı } 0,01 \mu\text{m}$ 'den küçük olabilir. Genellikle delik boyutları $0,037\text{-}0,52 \mu\text{m}$ arasında olup, ortalama $0,25 \mu\text{m}$ civarındadır (Resim 2.10).



Resim 2.10 Elips Şekilli Bir Diatomitin İç Yapısı

Diatomlar, çubuk ve daire şekillerinden başka, bulundukları ve geliştikleri yere göre, yıldız, elips, yarım ay vb, değişik şekillerde de bulunurlar (Resim 2.11).



Resim 2.11 Değişik Diyatom Şekilleri (a,b,c)

Organik madde içeren diyatomitlerin renkleri, bünyelerinde su mevcut iken genellikle açık kahverengi veya gri renkte olup, diyatomit yatağının kuruması, havaya ve güneş ışınlarına maruz kalması diyatomitin yüzeyini beyazlatmaktadır. Diyatomitin içeriğindeki demir oksit miktarının fazla olması oksitli bir renge sahip olmasına yol açmaktadır. Dışarıdan gelen sularla yıkanan diyatomit, boşluklu yapısı nedeniyle yabancı maddelerden kurtulması yanında bu boşluklar sayesinde o derece kirlenme olasılığı vardır (Uygunoğlu 2005)

2.4.4 Diyatomitin Özellikleri

2.4.4.1 Diyatomitin Fiziksel Özellikleri

Diyatomitin en önemli özellikleri diyatome kavkısından aldığı yüksek gözeneklilik ve geçirgenlik ile düşük özgül ağırlıktır. Diyatomit ağırlığının üç katına kadar su emebilir. Kuru durumda, özgül ağırlığı $0.15-0.40 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişir. Mosh sertlik cetveline göre, opalin sertliği 4.5-6 olmakla birlikte, diyatomitin sertliği 1.5'dan fazla değildir.

Çoğunlukla gevşek bir yapıdadır. Elde un gibi dağılır, dişler arasında kolaylıkla ses çıkararak kırılır. Genellikle açık renklerde olur. Tane boyu dağılımı, kayacı oluşturan diyatomitlerin türüne ve iriliğine kavkılarının tam veya kırıklı oluşuna, kil gibi katların varlığına ve oranına bağlı olarak değişir. Kökeni organik olan sedimanter kayaç sınıfına sokulan diyatomit, HF dışında asitlerin çoğundan etkilenmez. Isı iletkenliği düşüktür (Karaman ve Kibici 2008).

Diatomitlerin çeşitli fiziksel özellikleri şu şekildedir;

İçersindeki boşlukların hava dolu olması ve yüzeylerinin 0,037 – 0,52 μm boyutundaki mikro delikli hücrelerden meydana gelmesi,

Yüksek porozitesi,

Yüzeysel alanının geniş olması,

Hafif ve ağır tiplerinde porozitesinden dolayı sertliğinin 1-1,5 olması

Özgül ağırlığının 1,9 – 2,35 gr/cm^3 olması

Kuru birim hacim ağırlığı 320 -640 gr/cm^3 (Seelev 1949).

2.4.4.2 Diyatomitin Kimyasal Özellikler

Kimyasal bileşim diyatomitin ekonomikliği için önemli bir temel parametredir. Diyatomitte çoğunlukla rastlanan alüminyum genellikle kil minerallerinden kaynaklanmaktadır. Demir, Kuzey Almanya diyatomitlerinde piritten türemektedir. Karbonatlı türlerde kalsiyum yüksektir. Nem kapsamı 105°C’de ağırlığının sabitleşmesine kadar kurutularak belirlenir. Organik madde oranı 550 °C’de, toplam ateş kaybı ise, 1000 °C-1050 °C’de fırınlanarak saptanır.

Kimyasal analiz diyatomit için yapılan testlerin en önemlisidir. SiO_2 yani sıra Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , TiO_2 , P_2O_5 tayin edilir. Diyatomit analizlerinde son yıllarda X-Ray Floresans yöntemi özellikle kullanılmaktadır. Çeşitli safsızlıklara (pirit, kalsit, jips, vb.) bağlı olarak CO_2 ve SO_2 değerleri de gerekebilir. Pudra, süzücü ve katalizör olarak kullanılacak diyatomitlerde ayrıca iz (trace) elementlerin belirlenmesi önem kazanır. Bunların arasında Mn, Ni, V, Cr, Pb, Cu, F sıralanabilir. Diyatomitlerin gelişmesi için bir element olan Bor’a da diyatomit yataklarında çok rastlanmaktadır (Karaman ve Kibici 2008).

Kimyasal olarak diyatomitlerin ticari değere sahip olması için SiO_2 içeriklerinin %84-94 arasında olması ve uygun miktarda Fe_2O_3 ve Al_2O_3 ’ün de bulunması gereklidir. Bunların yanında tane büyüklüğü, mikro yapısı, kuru ve yaş yoğunluğu, sıvı absorplama kapasitesi, filtreleme ve arıtma oranı, rengi, parlaklığı, aşındırıcılığı, pH’ı, ısı iletkenliği

ve iz element içeriğinin bilinmesi de ekonomiklik bakımından önemlidir (Breese 1994, Harben 1995).

Organik madde oranı diyatomite renk vermesi bakımından önemlidir. Çok az organik madde içeren diyatomitlerde renk beyaz, açık-toz gri renkte iken bu oranın %30'a kadar çıktığı Kuzey Almanya diyatomitlerinde koyu yeşil, gri hatta siyah renkler olağandır. Kavkılarını oluşturan silisin kökeni, tartışılmış olmakla birlikte amorfudur (Karaman ve Kibici 2008).

Diyatomitlerin en önemli özelliklerinden birisi de blok yoğunluğudur. Parça yoğunluğu ne kadar az ise o kadar kum ve kil gibi safsızlıkların miktarı azalmaktadır (Nuhoğlu 1999, Elmas 1999).

Çizelge 2.9'da Ticari kalitedeki diyatomitlerin kimyasal bileşimleri verilmiştir.

Çizelge 2.9 Ticari kalitedeki diyatomitlerin kimyasal bileşimleri (Kuşçu 2008).

Major oksitler	% Miktar
SiO ₂	85-92
Al ₂ O ₃	4-10
Fe ₂ O ₃	0.8-2.0
CaO	0.1-2.0
MgO	0.1-2.0
Alkaliler	0.2-1.5
Ateşte kayıp	5.8
Organik madde	0-3

2.4.4.3 Diyatomitin Mineralojik Özellikleri

Diyatomit diğer ismiyle kizelgur, esas olarak diyatome kabuklarının birikmesi ile oluşmuş, SiO₂.nH₂O bileşimli, hafif ve kolay ufalanabilen bir kayadır. Diyatomeleler daha çok volkanik faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde, tatlı veya az tuzlu göllerde ve deniz sularında yaşayan, tek hücreli, mikroskobik boyutta, silis kabuklu, esmer bir yosun çeşididir. Organizma öldüğü zaman tortu halinde çöker ve yumuşak kısmı çürüyerek kaybolur. Böylece silisli kabuklar birikir ve taşlaşarak diyatomit yataklarını meydana getirir (Beeres 1994, Temur 1998, Önem 2000)

Diyatomiti oluşturan diyatome kavkısı, amorf silis-opaldan ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) yapılıdır. Kayaç bunun yanı sıra değişebilen miktarda su, organik materyal ve başta alüminyum ve kalsiyum olmak üzere değişik elementleri içerir. Bir diyatomit yatağının işletilebilmesi için % 80-90 SiO_2 ihtiva etmesi gerekmektedir. Diyatomit katmanları kum, kil ve volkanik killere ardışıklı olabilirler. Çeşitli kırıntılı mineraller, diyatomit katmanlarında yer alabilir. Yine bazı silisli parçalar diyatomit yatağı içinde gözlenebilir.

Diyatomitte, mikroskop incelemesi de çok önemlidir. Diyatomeelerin büyüklüğü, şekli, kavkılarının tam veya kırıklı oluşu, kırıntılı minerallerin varlığı gerek ortam, gerekse kullanım alanı açısından bazı ön bilgiler sağlar. Uzun kavkılarının hızlı süzdüğü, yuvarlak diyatome formlarının ise izolasyon ve parlatıcı madde olarak daha verimli olduğu kanısı yaygındır. Tane boyları bazen çeşitli fonksiyonların yüzdesi olarak, bazen de belirli bir elek aralığından (örn. 150 veya 325 mesh) büyük tanelerin yüzdesi şeklinde verilir.

2.4.5 Diyatomitin Kullanım Alanları

Diyatomitin kullanımı çok geniş bir alana yayılmaktadır. Bir endüstri kolunun temel hammaddesi olmayışı, birçok ülkede bulunuşu ve yerine kullanılabilecek başka hammaddelerin bulunuşu bir ölçüde diyatomitin önemini azaltmaktadır. Ancak son 20 yılda diyatomit kullanımının süzme alanında yoğunlaştığı görülmektedir.

Süzücü olarak diyatomit pudra ve preparat olarak, bazen de sıvılara karıştırılarak kullanılır. Bira, şeker şurubu, içme suyu, alkollü içkiler, meyve suları, yüzme havuzu suları, petrokimya ürünleri, kuru temizleme eriyikleri, antibiyotikler ve ilaç hammaddelerinin süzme işlemlerinde diyatomit kullanılır. İstenen süzme hızları kullanım alanına göre değişkendir.

Dolgu maddesi olarak diyatomit boya, kağıt, lastik, plastik, kibrit, cila, temizlik malzemeleri, ilaç ve kozmetik sanayilerinde kullanılır. Bu sektörlerde kullanılacak olan diyatomitlerde beyazlık derecesi, tane boyutu, fazla miktarda gözeneklilik önemlidir.

Diyatomit, yüksek derecede gözenekliliğe sahip olmasından dolayı, ses ve ısıya karşı iyi bir izolatör olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle döşeme ve kaplamalarda kireç, çimento ve asbest tozu ile karıştırılarak kullanılır.

Sıcak buhar ve gaz borularında diyatomit sıvısı, yüksek fırının dış kaplamasında da diyatomit tuğlasından yararlanılmaktadır. Yapı malzemesi olarak çimento, harç, briket veya tuğlaya katılır.

Hırka (Kayseri) diyatomitinin %3-7 oranında briket katılması sonucu, basınç dayanımının %30'a kadar arttığı M.T.A Enstitüsü Teknoloji Laboratuarlarında yapılan deneylerle saptanmıştır. Özellikle saf olmayan diyatomitlerde bu alanda yararlanma olanağı vardır. Hafif aşındırıcı olarak diyatomit otomobil cilalarında, deterjanlarda, leke emicilerde kullanılmaktadır.

Seramik ve cam endüstrisinde de diyatomitin önemli bir yeri vardır. Yüksek emme özelliği diyatomite asitlerin taşınmasında, yangın söndürücülerde, dezenfeksiyon maddelerinde ve renkli fotoğrafçılıkta kullanılma olanağı sağlamıştır.

Katalizör ve katalizör taşıyıcısı olarak diyatomit çok önemlidir. Bu alanda sülfirik asit yapımında, polimerizasyonda, metaloksit, asit-tuz kontaklarında, margarin sanayinde yağ sertleştirilmesinde kullanılmaktadır.

Gübrelerin kalıplanmasını önleyici bir faktör olarak diyatomitten yararlanılır. Silis kaynağı olarak kalsiyum silikatların yapımında kullanılır. Ayrıca sondaj çamurunda, hayvan yemlerinde, emaye üretiminde besin maddesi taşımacılığında ve diğer birçok endüstri kolunda aranan bir maddedir. Son yıllarda özellikle perlit, süzücü olarak diyatomitin yerine kullanılmaya başlamıştır. Dolgu malzemesi alanında da diyatomit, talk, kalsina kil, kireç taşı ve vermükilitin önemi artmaktadır. Bu nedenle, diğer hammaddelerde kullanım alanında rekabet etmek zorundadır.

Türkiye’de diatomitin çok geniş bir alana yayılmış değildir. Süzme diatomiti; bira, şarap, yağ, sanayi ile kuru temizleme işlerinde kullanılmaktadır. Boya, lastik ve tarım ilaçları sanayinde, ayrıca Keçiborlu tesislerinde kükürt üretiminde de dolgu ve granülasyon maddesi olarak oldukça önemli bir boyutta yararlanılmaktadır (Karaman ve Kibici 2008).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Kullanılan Malzemeler

Çalışmada kullanılan malzemelerin özellikleri bu bölümde verilmiştir.

3.1.1 Çimento

Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir (Afyon-Set Çimento A.Ş.). Çimento özelliklerinin TS EN 197-1 ve TS EN 197-2’de belirtilen standart değerlere uygun olduğu görülmüştür.

Çizelge 3.1 CEM I 42,5R Portland kompoze çimentosu özellikleri.

Analiz Grubu	Deney		Sonuç	Sınır Değer
Kimyasal Özellikler	SO ₃ (%)		2,91	< 3,5
	MgO (%)		2,33	< 5,0
	A.Z. (%)		1,92	< 4,0
	Cl (%)		0,06	< 0,1
	Çözünmeyen kalıntı (%)		0,67	< 1,5
Fiziksel Özellikler	Kıvamlilik suyu (%)		30	
	Özgül yüzey (cm ² /gr)		3685	> 3500
	Priz süresi	Başlama(saat-dak)	2sa.52dak	>1 sa
		Sonu(saat-dak)	4sa.36dak	<10 sa
	İncelik	No.70de kalan(%)	0,13	
		No.200de kalan(%)	3.15	
	Özgül Ağırlık (kg/dm ³)		3,07	
	Basınç Dayanımı (N/mm	2 gün	26,5	>20
		7 gün	38,7	>31,5

3.1.2 Diyatomit

Çalışmada agrega olarak Afyon-Ankara yolunun 24, km.'sinde bulunan Afyon- Seydiler yöresi diyatomit kayacı hafif agrega olarak kullanılmıştır. Bloklar halinde alınmış olan diyatomit kayacı, çeneli kırıcı vasıtasıyla hafif agrega haline getirilmiş olup, bilyalı öğütme değirmeninde öğütülmüştür (Resim 3.1). Değirmenden çıkan numuneler 100 mikron elekten geçirilerek kullanılmıştır (Resim 3.2). Diyatomitin SiO_2 içeriği zengin olup, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 toplamı %80 civarındadır (Çiz.3.2). Dolayısıyla puzolanik özelliğe sahiptir.

Çizelge 3.2 Diyatomitin kimyasal bileşenleri

Bileşenler (%)	Diyatomit
SiO_2	82,35
Al_2O_3	4,48
Fe_2O_3	1,68
CaO	0,76
MgO	0,16
K_2O	0,29
Na_2O	0,25
TiO_2	0,19
SO_3	0,00
L.O.I. ^(*)	8,86



Resim 3.1 Bilyalı değirmen



Resim 3.2 Öğütülmüş diatomit

3.1.3 Kireç

Serilerde Adaçal Endüstriyel Minareller Sanayi A.Ş. 'den alınan kireç kullanılmıştır. Kirecin fiziksel ve kimyasal analizleri Çizelge 3.3'te, fiziksel ve kimyasal özellikleri ise 3.4'te verilmiştir. Buna göre kirecin%92' si CaO 'dan oluşmaktadır. Kirecin Reaktivite(t_{60}) değeri 37 sn olup hızlı reaksiyona giren (hızlı hidrasyon) kireç tipidir.

Çizelge 3.3 Kirecin fiziksel ve kimyasal analizleri (Anonim 2010)

Kimyasal analizler	%	Fiziksel analizler	
CaO	92,12	90 µm üzeri	4,52
SiO ₂	0,06	Reaktivite(t ₆₀)	37sn
MgO	0,22	Verim	2,48 dm ³ /kg
SO ₃	0,07		
R ₂ O ₃	0,52		
CO ₂	0,27		

Çizelge 3.4 Kirecin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Anonim 2010)

Molekül ağırlığı	56
Fiziksel görünüm	Beyaz toz veya granül
Renk	Beyaz
Koku	Kokusuz
Erime noktası	2600°C
Parlama noktası	Uygulanamaz
Kaynama noktası	Uygulanamaz
Tutuşabilirlik	Tutuşmaz
Patlama tehlikesi	Patlayıcı değil
Hacim ağırlığı	0,7-1,2 kg/dm ³
Buhar basıncı	Buharlaşmaz
pH (25°C de)	12,5 (doymuş solüsyonda)
Özgül ağırlık	3,35 g/cm ³ (20 °C de)
Bölünme katsayısı	Uygulanamaz
Suda çözünübilirlik	1,4 g/L 0 °C'de, 1,25 g/L 20 °C'de (Ca(OH) ₂) olarak

3.1.4 Su

Araştırmada Afyonkarahisar şehir içme suyu kullanılmıştır.

3.2 Metot

Bu çalışmada; diyatomit, çimento, kireç, alçı ve suyun çeşitli oranlarda karıştırılması ile 13 farklı karışım hazırlanmıştır. Bu karışımların oranları Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5 Üretilen serilerin karışım oranları

SERİLER	DİYATOMİT (gr)	ÇİMENTO (gr)	ALÇI (gr)	KİREÇ (gr)	A.TOZU (gr)	SU (ml)
A	1000 (1,0)*	2000 (2,0)*	500 (0,5)*	500 (0,5)*	2,5	4000 (4,0)*
B	1000 (1,0)*	1500 (1,5)*	100 (0,1)*	250 (0,25)*	2	2500 (2,5)*
C	1500 (1,5)*	2250 (2,25)*	150 (0,15)*	375 (0,38)*	3	3000 (3,0)*
D	1000 (1,0)*	2000 (2,5)*	500 (0,5)*	500 (0,5)*	5	3700 (3,7)*
E	750 (0,75)*	1500 (1,5)*	200 (0,2)*	300 (0,3)*	1,5	2000 (2,0)*
F	1000 (1,0)*	1500 (1,5)*	300 (0,3)*	300 (0,3)*	1,5	2500 (2,5)*
G	1000 (1,0)*	1500 (1,5)*	150 (0,15)*	300 (0,3)*	1,5	2500 (2,5)*
H	1000 (1,0)*	1500 (1,5)*	150 (0,15)*	300 (0,3)*	1,5	2500 (2,5)*
K	1000 (1,0)*	2000 (2,0)*	150 (0,15)*	300 (0,3)*	1,5	2750 (2,8)*
L	750 (0,75)*	1250 (1,25)*	300 (0,3)*	250 (0,25)*	1,25	2000 (2,0)*
M	750 (0,75)*	1500 (1,5)*	300 (0,3)*	250 (0,25)*	1,5	2000 (2,0)*
N	1000 (1,0)*	1000 (1,0)*	300 (0,3)*	250 (0,25)*	1	2000 (2,0)*
O	1000 (1,0)*	2000 (2,0)*	500 (0,5)*	500 (0,5)*	2,5	2500 (2,5)*
*Parantez içindekiler kütlece oransal değerleridir.						

Serilerde belirlenen karışım oranlarına göre; çimento, diyatomit, alçı ve su el mikseri ile homojen dağılım sağlanıncaya kadar (ort: 3 dk.) karıştırılmış, daha sonra alüminyum tozu ve kireç de eklenerek akıcı kıvamdaki harç elde edilmiştir.

Akıcı kıvamda hazırlanan gazbeton harcı homojenliğini kaybetmeden 100*100*100 mm metal kalıplara, 2/3'ü dolacak biçimde dökülmüştür (Resim 3.3). Harcın uygun ortamda genleşmesi için kalıplar 60 °C sıcaklıkta etüve yerleştirilmiştir (Resim 3.4).

Kalıplardaki genleşme yaklaşık 30 dk'da tamamlanmış ve prizini tamamlaması için aynı sıcaklıkta 4 saat bekletilmiştir. Prizini tamamlayan örnekler kalıptan çıkarılarak otoklava yerleştirilmiştir (Resim 3.6). Örneklere otoklavda 8 saat süreyle ve 0,115 Mpa (1,15 Bar) doymun buhar basıncında kür işlemi uygulanmıştır. Resim 3.5'te etüv sonrası numunelerin su yüzeyindeki görüntüsü verilmiştir.



Resim 3.3 Sulu kıvamda gazbeton harcı kalıbın 2/3'ü dolacak biçimde dökülür (kabarma oluşmadan önce).



Resim 3.4 Akıcı kıvamda gazbeton harcının kabarmasıyla kalıbı doldurması.



Resim 3.5 Etüvden çıkan malzemelerin gözenek kontrolü



Resim 3.6 Otoklav

3.2.1 Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesinde uygulanan yöntemler bu bölümde verilmiştir.

3.2.1.1. Birim Hacim Ağırlık Değerleri

Örneklerin birim hacim ağırlığı değerleri eşitlik 1.4'ten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$D_h = \frac{M_k}{V_h} \times 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1.4)$$

D_h: Birim hacim ağırlığı (kg/m³),

M_k: Etüv Kuru Ağırlığı (kg),

V_h: Numunenin hacmi (dm³).

3.2.1.2 Isı İletkenlik Deneyi

Deney numunelerinin ısı iletim katsayılarının (λ) ölçülmesinde Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği laboratuvarında bulunan “Shotherm QTM-D2” ısı iletkenlik cihazından yararlanılmıştır.

Shotherm QTM-D2 ısı iletkenlik cihazı "Hot Wire" yönteminden yararlanılarak geliştirilmiş bir ısı iletkenliği ölçüm cihazıdır. Bunun için numuneler ısı iletim katsayısını ölçen cihazın probuna uygun olarak 100 mm uzunluğunda, 50 mm genişliğinde ve 17 mm kalınlığında hazırlanmıştır. Shotherm QTM-D2 cihazının ölçme yönteminde ısıtıcı tel, ısı iletim katsayısı bilinen yalıtkan bir malzemeye, ısı iletim katsayısı ölçülmek istenen malzeme arasına yerleştirilir. Bu durumda ısı iletim katsayısı aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$k = F \frac{Q \ln(t_2 / t_1)}{T_2 - T_1} - H \quad (1.6)$$

F , H: ölçme cihazına ait sabitler

Q : Isıtıcı tele verilen ısı akısı

t_1 , t_2 : Ölçüm zamanları (saniye)

T_1 : t_1 Zamanındaki sıcaklık

T_2 : t_2 Zamanındaki sıcaklık

Her standart QTM probunun farklı F ve H sabitleri vardır. Bu sabitler bilindiğinde yukarıdaki formülden ısı iletim katsayısı cihaz içindeki bir mikro bilgisayar ile hesaplanır. 60 saniye içinde malzemenin belli bir sıcaklık değeri için ısı iletim katsayısı dijital olarak ekranda verilir. Bu cihazın en önemli avantajlarından birisi, ölçüm esnasındaki ısı kayıplarının, ölçümün kısa sürede yapılmasından dolayı çok az miktarda olmasıdır. Cihaz 0.020–10 W/mK aralığında ısı iletim katsayısını $\pm 5\%$ hassasiyet ile ölçebilmektedir.

3.2.1.3 Basınç Dayanımı

Örneğin basınç dayanım değerleri eşitlik 1.7'den yararlanılarak hesaplanmıştır Her örnek serisi için ortalama 6 adet numune teste tabi tutularak aritmetik ortalamaları verilmiştir.

$$fb = \frac{Pk}{A0} \times k \text{ (Kgf/cm}^2\text{)} \quad (1.7)$$

fb : Basınç mukavemeti (kgf/cm²)

$A0$: Basınç uygulanan yüzün alanı (cm²)

Pk : Kırılma anındaki yük (kg)

k : Numunenin biçim katsayısı ($k=1$)

Numunelerin mekanik özelliklerinden biri olan basınç mukavemet testleri de tüm numunelere uygulanarak numunelerin basınç dayanımları belirlenmiştir. Numunelerin basınç dayanımı Resim 3.7'deki basınç presi ile belirlenmiştir.



Resim 3.7 Basınç presi

3.2.1.4 Ultrases Deneyi ve Ultrases Hızı

Tahribatsız olarak beton basınç dayanımının tahmin edilmesi amacıyla kullanılır. Numuneler içinde ses dalgalarının geçiş hızından numunenin doluluğu hakkında fikir elde edilmiş ve buna bağlı olarak basınç dayanımları tahmin edilmiştir (Resim 3.8). Ultrasonik beton test cihazı /Matest ile 10x10x10 cm boyutlarındaki üretilen numunelerin ultrases hızları aşağıdaki formülle belirlenmiştir.

$$V = \frac{L}{t} \quad (1.5)$$

V: Ultrases hızı (km/sn)

L: Numune boyu (km)

t: Ultrases geçiş süresi (sn)



Resim 3.8 Ultrasonik test aleti

4. BULGULAR

Üretilen seriler üzerinde birim hacim ağırlık, basınç dayanımı, ısı iletkenlik ve ultrases deneyleri yapılmış olup sonuçları bu bölümde verilmiştir.

4.1. Örneklerin mekanik özellikleri

Serilere ait mekanik sonuçlar Çizelge 4.1’te verilmiştir. Buna göre gazbeton deney örneklerin birim hacim ağırlık değerleri 440 kg/m^3 ile 880 kg/m^3 arasında değişmektedir. Bu değerler ticari gazbeton ürünlerin birim ağırlık değerlerine benzerlik göstermektedir. Örneklerin basınç mukavemeti değerleri 0,42 ile 3,55 MPa arasında değişmektedir. Bu değerlerden 2 MPa ve üzerinde olan serilerin ticari gazbeton örneklerin basınç mukavemeti değerlerine uygun olduğu, daha düşük değerdeki serilerin ise mukavemetlerinin yetersiz olduğu belirlenmiştir. (ticari gazbeton örneklerin birim ağırlık değerlerini çizelgeye ekle). Bu çalışmada gazbeton örneklere 6 saat süre ve 1,25 Bar otoklav basıncında buhar kürü uygulanmıştır. Buna karşılık geleneksel gazbeton üretiminde 10-12 Bar ve 8-10 saat süre ile kür uygulanmaktadır. Dolayısı ile düşük basınç mukavemeti elde edilmesinin en önemli nedeni düşük basınçlı otoklav uygulaması olduğu düşünülmektedir.

Düşük mukavemet değeri elde edilmesine ilişkin diğer olası nedenler şu şekilde sıralanabilir: Karışım oranlarının uygun oranlarda seçilmemesi, harcın hazırlanması sırasında karışımı oluşturan bileşenlerin homojen dağılımının sağlanamaması (tane ayrışması), kalıba dökülen gazbeton harcının priz sürecinde uygun ortamın sağlanamaması (uygun sıcaklık ve nem ortamı), otoklav sürecinin iyi yönetilememesi (otoklav basıncı ve süresinin ayarlanamaması) vb.

Çizelge 4.1 Örneklerin mekanik sonuçları

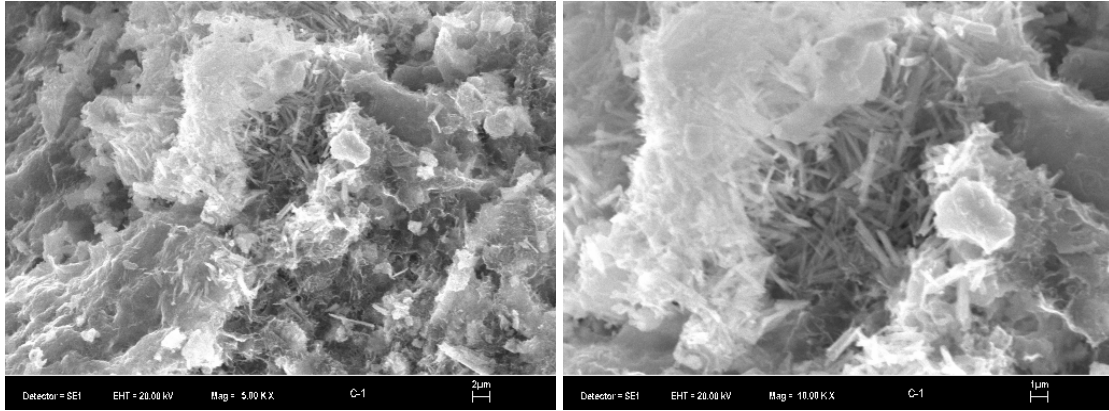
Seriler	Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	Gerilme (MPa)	Isı İletkenlik (W/mK)	Ticari Gazbeton Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Ticari Gazbeton Basınç Dayanımı (MPa)	Ticari Gazbeton Isı İletkenlik (W/mK)	
A	880	3,21	0,141	400	2,5	0,15	
B	560	0,94					
C	660	1,43		500		0,17	
D	440	0,56					
E	540	0,42		500	3,5	0,17	
F	740	1,35					
G	780	2,24	0,157	600		5,0	0,20
H	710	1,95	0,164				
K	580	1,89		600	5,0		0,20
L	630	1,18					
M	690	3,55	0,153	700		5,0	0,23
N	690	1,10					
O	540	0,99					

Örneklerin ısı iletkenlik değerleri 0,14 ile 0,16 W/mK arasında elde edilmiştir. Buna göre örneklerin birim ağırlık değerleri ile ısı iletkenlik değerleri arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Örneklerin birim ağırlık değerleri arttıkça ısı iletkenlik değerlerinde artış gerçekleşmiştir. Buna birim ağırlığın artması ile daha yoğun ve buna bağlı olarak toplam gözenek oranında azalmanın neden olduğu düşünülmektedir.

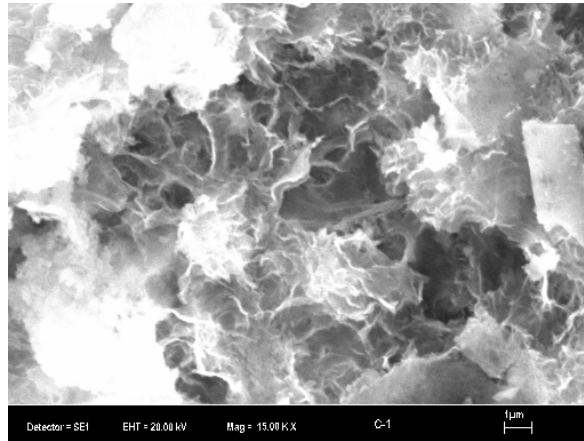
4.2. Örneklerin otoklav kürü sonrası mikroyapı analiz sonuçları

G ve A serilerinin ikincil elektron SEM görüntüleri karşılaştırılmıştır. Yüksek çimento, kireç, alçı ve su oranına sahip A serisi numunelerin kırık yüzeyleri incelendiğinde iyi gelişmiş CSH fazı ile birlikte erken hidratasyon ürünlerinden olan etringit fazının varlığı gözlenmemiştir. Şekil 4.1’de A numunesine ait kırık yüzeylerin genel görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.1’den de görüleceği gibi karışımı oluşturan tanelerin birçoğunun çözünerek CSH jeli oluşturduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.2’de A serisi numunelerindeki

iyi gelişmiş jel yapısı görülmektedir. A serisi numunelerindeki yüksek mukavemet değerleri de (3,21 MPa) içyapı gelişimindeki hidratasyon davranışını doğrulayan niteliktedir. Mukavemet gelişiminde erken dönemde oluşan etringit fazının da katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Yüksek oranda kullanılan karışım suyunun da hidratasyon fazlarının gelişiminde önemli rol oynadığı gözlemlenmiştir. A serisi numunelerindeki daha yüksek orandaki çimento ve alçı miktarı göz önüne alındığında etringit oluşumunun daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Su oranının fazla olması da Sülfat iyonlarının çözüneceği ortamı sağlayarak etringit kristallerinin oluşumuna temel oluşturduğu sonucuna varılmıştır.



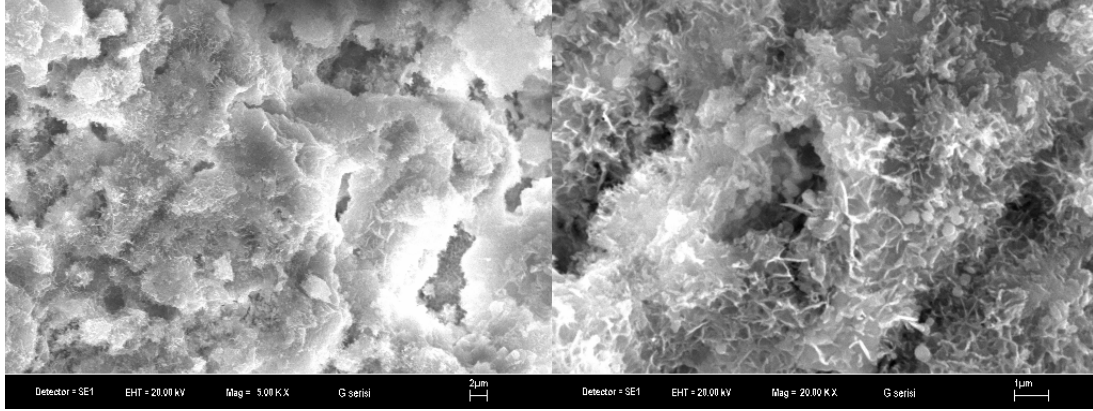
Şekil 4.1 A serisi numunesine ait kırık yüzey görüntüleri.



Şekil 4.2 A serisi numunelerde iyi gelişmiş CSH jel yapısı.

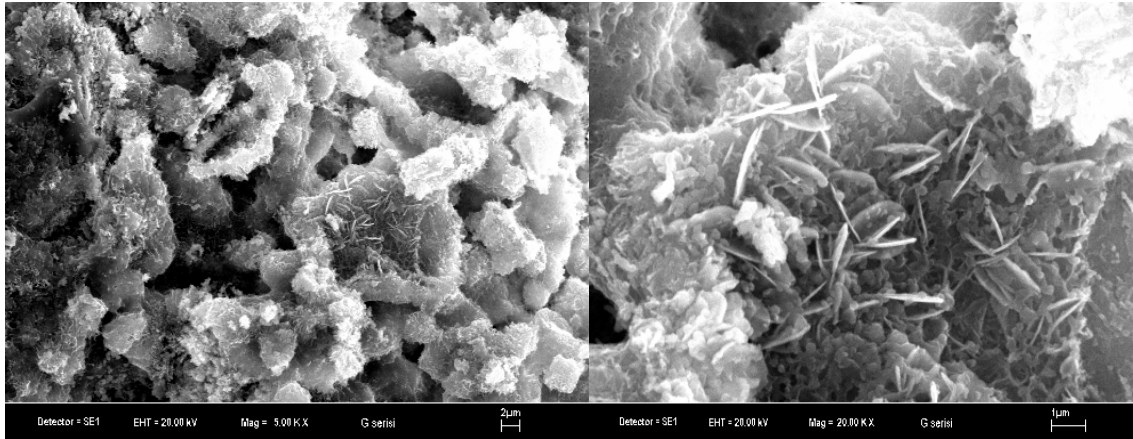
A serisine göre daha düşük oranda çimento, kireç, alçı ve su içeren G serisi numunelerin kırık yüzeyleri incelendiğinde, A serisine göre daha az miktarda ve daha zayıf gelişmiş CSH fazı içerdiği gözlenmektedir. Şekil 4.3’de G serisi numunelerin kırık yüzey

görüntüleri gösterilmiştir. Şekil 4.3’den de görüleceği gibi kırık yüzeylerde hidratasyon ürünü gözlenmektedir. G serisinde ölçülen 2,24 MPa değerindeki mukavemet değerleri A serisinden daha düşüktür. Bu da içyapıdaki hidratasyon ürünlerinin gelişim görüntüleri ile doğrular niteliktedir.



Şekil 4.3 G serisi numunesine ait kırık yüzey görüntüsü.

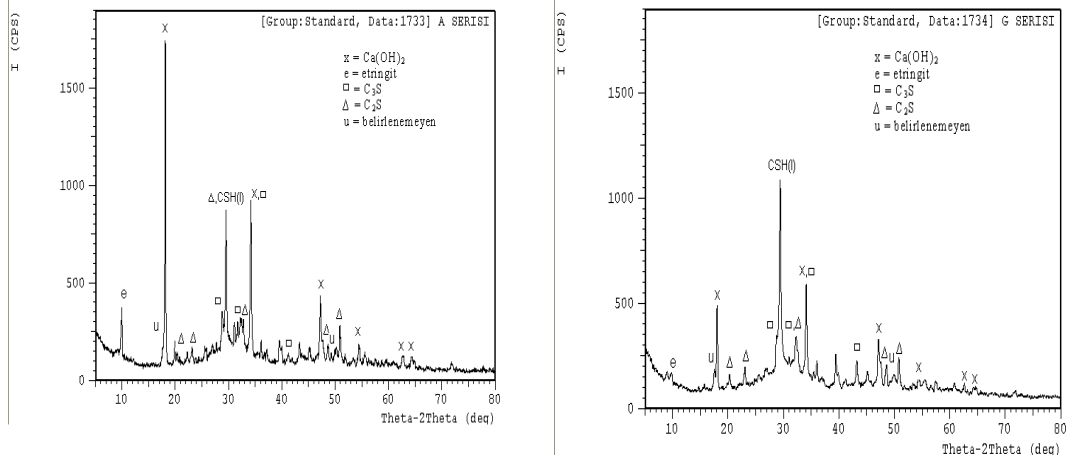
G serisindeki kırık yüzey görüntülerinde bölgesel olarak tobermorit plakalarının oluştuğu gözlemlenmiştir. Fakat bu oluşumun malzemenin genelinde yaygın olmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.4). Yapılan XRD analizlerinde tobermorit fazının gözlemlenmemesi bu fazın varlığının tespit edilemeyecek kadar düşük olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.4 G serisi numunelerde gözlemlenen bölgesel tobermorit oluşumu.

G ve A serileri hidratasyon ürünlerinin yapısal gelişimleri dikkate alınarak karşılaştırıldığında, A serisinin G serisine göre daha aktif bir CSH jel oluşuna neden olduğunu ve daha yüksek mukavemet gelişimi sağladığını söylemek mümkündür.

Örneklerin XRD analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Buna göre çimentonun içindeki C_2S ve C_3S fazlarının hidrasyonuna bağlı olarak CSH(I) pikleri gözlenmiştir. $Ca(OH)_2$ fazının yüksek pikleri reaksiyonların tamamlandığını göstermektedir. A serisinde az miktarda da olsa etregit fazına rastlanmıştır. Hidrasyonun yetersizliğine bağlı olarak hidrate olmayan C_2S ve C_3S fazlarına rastlanmıştır. G serisinde hidrasyon şartlarına bağlı olarak CSH(I) piklerinde azalma CSH(I) fazında azalma gözlenmiştir (Şekil.....?..



Şekil 4.5 A ve G serilerine ait örneklerin XRD analizleri

4.3 Örneklerin ultrases geçiş hızlarının değerlendirilmesi

Çizelge 4.2 Örneklerin ultrases sonuçları

SERİLER	Ultrases (km/sn)	
	Otoklav öncesi	Otoklav sonrası
L	1,35	0,60
M	1,86	0,55
N	1,30	0,61

Ultrases hızları L, M ve N serilerinin ultrases geçiş hızları incelendiğinde, otoklavda kür edilmiş aynı serilere göre daha fazla değerlere sahip olduğu görülmektedir (Çizelge

4.2). Bunun en önemli sebebi, alüminyum tozunun oluşturduğu kapalı boşluklar çimento hidratasyon ürünleri tarafından tamamen çevrelenerek içerisine su almaması ve bu sayede porozif yapısının arttırılmış olmasındandır. Diğer yandan çimento ürünlerinin de otoklav kürü sonrasında hidrate olarak serbest suyu harcamakta ve yeni C-S-H ürünleri oluşarak numune içerisindeki serbest boşlukların dolması sağlanmaktadır. Yeni hidrate ürünlerinin oluşmasıyla ultrases geçiş hızında artış beklenebilirse de, alüminyum tozunun etkisiyle oluşan boşluklar, bu hidrate ürünlerinin içerisinde homojen bir şekilde dağılarak kapalı poroz bir yapı oluşturmuşlardır. Bilindiği gibi ses dalgalarının her zaman dolu yapıdan daha rahat geçmesinden dolayı otoklavsız numunelerde ultrases geçiş hızlarının daha fazla olduğu görüşmüştür.

L,M ve N serilerinde bileşenlerden alüminyum tozu miktarının artmasıyla birlikte gözenek miktarı da artmış ve bu sayede ultrases geçiş hızları da azalmıştır. Çimento miktarının %0.1, %0.125 ve %0.15 oranında alüminyum tozu içeren L, M ve N serilerinde sırasıyla 0.60, 0.55 ve 0.61, km/sn'lik ultrases geçiş hızı değerleri elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada geleneksel gazbeton üretiminde kullanılan silis kumu yerine silika kaynağı olarak diatomit kullanılmıştır. Deney örnekleri klasik gazbeton üretiminde uygulanan yüksek otoklav basıncı (10-12 Bar) yerine düşük otoklav basıncında (1,15 Bar) üretilmiştir. Uygulanan düşük otoklav basıncı nedeniyle örneklerin mikro yapılarında mukavemete katkı sağlayan CSH fazlarının yeterli oranda gelişmediği belirlenmiştir. Örneklerin birim hacim ağırlık değerleri benzer ticari gazbeton ürünlerle uyum göstermektedir. Yeterli basınç dayanımı değerlerinin elde edilebilmesi ve karışımdaki çimento oranlarının azaltılabilmesi için daha yüksek buhar basınç değerlerinde otoklav kürü uygulanmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak bir silika kaynağı olarak diatomit hammaddesinin gazbeton üretiminde kullanılabileceği, karışım oranları ve otoklav koşullarının optimize edilmesine yönelik çalışmaların yürütülmesine ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Ağadayı, R., 1997, “ Niğde Yöresi Hafif Yapı Malzemelerinden Perlit ve Diatomitin Mineralojik-Petrografik İncelenmesi”, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde.
- Anonim 2010, “Sönmemiş kireç (CaO)”, Adaçal Endüstriyel Mineraller Sanayi Ticaret A.Ş. Afyonkarahisar.
- Anonim 2000, Delta Toprak Sanayi ve Ticaret A.Ş. Broşürü, 2000
- Başığit, C., Serin, G., Çankıran, O., 2000, “Prefabrike Bölme Panosunda Hafif Betonun ve Çelik Liflerin Kullanılabilirliği”, Beton Prefabrikasyon Dergisi, Sayı 54, s.15-20.
- Bingöl, A.F., Pomza 0le Üretilen Hafif Betonların Yangına Karsı Dayanımı, Yüksek Lisans Tezi, 2002, Atatürk Üniversitesi Erzurum.
- Borat, M, 1992, “Türkiye Diatomitlerinin Özellikleri Ve Filtrasyon Karakteristikleri”, İTÜ, Fen Bilimleri Enst. Doktora tezi.
- Borhan, B., 1987 Ytong El Kitabı-1, Teknik Yayınları No:1, İstanbul.
- Breese, R.O.Y., 1994. *Diatomite*, Industrial Minerals and Rocks, Carr (Ed), SMME,” Colorado, USA, 397-412.
- Bruvel, F.,1999 “Diatomite”, Department of miner and energy, Mineral Information Leaflet No.30, August, p.p. 3235-3239.
- Budwell International Ltd, Amsterdam, What is Autoclaved Concrete, 2004.

By Lloyd, E., 1998, "Diatomite", Department of Miner and Energy, Mineral Information Leaflet.

Çiçek, Y.E, 2002, "Pişmiş Toprak Tuğla, Bimsbeton, Gazbeton ve Perlitli Yapı Malzemelerinin Fiziksel, Kimyasal ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Felekoğlu B., Turkel S., Baradan B., 2004. "Kendiliğinden yerlesen beton: bölüm I genel tanıtım, kullanım alanları", TMMOB, İnşaat Muhendisleri Odası İzmir Subesi, Haber Bulteni, 05 Haziran, Yıl: 19 Sayı: 117, ss. 20-24.

Harben, P.W., 1995. *Diatomite*, The Industrial Minerals Handy Book, 57-61.

Gündüz, L., 1998, Pomza Teknolojisi: Pomza Karakterizasyonu, Cilt 2, Sülyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Isparta.

Hasol, D., "Yapının Endüstrileşmesi", Mimarlık 1967/2-s.9-12.

Işık, I., 1984, "Diyatomit", Anadolu Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Syf. 81- 98, Eskişehir.

Karaman. E.. Kibici, Y., 2008 Temel jeoloji prensipleri, Belen Yayıncılık, s:16-41, 16-47, Ankara

Kuşçu, M., 2008, Endüstriyel Kayaçlar ve Minareler, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, s:157, Isparta

Kömürlü, R., Önel, H., 2007, "Gazbeton Yapı Ürünlerinin Konutlarda Kullanımı", YTÜ Mimarlık Fakültesi E- Dergisi, Cilt 2, Sayı 3, Syf 145- 158, İstanbul.

"M.T.A. Diatomit Envanteri" M.T.A. Yay. No: 138, Ankara, 1968.

- Meisenger, A.C., 1985. "Diatomite, minerals facts and problems", United States Department of The Interior, pp. 1-6.
- Narayanan N., K.Ramamurthy ,Structure and perties of Aerated Concrete: A Review, , Cement and Concrete Composites 22 (2000) 321-329.
- Nehdi, M. And Khan, A., "Cementitious Composites Containing Recycled Tire Rubber: An Overview of Engineering Properties and Potential Applications," Cement, Concrete, an Aggregates CCAGDP, Vol 1, June 2001, pp. 3-10.
- Nuhoğlu, İ., Elmas, N., 1999. *Alayunt Diyatomit Yataklarının Oluşumu ve Ekonomik Olarak İncelenmesi*, 1.Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, İzmir, 82-95.
- Okan, A., "Toplu Konut Üretiminde Araştırma Yaklaşımı", Mimarlık 1978/3-s.43.
- Önem, Y., 2000. *Sanayi Hammaddeleri*, Kozan Ofset, Ankara, 386 s.
- Seelev, W., 1949 "Industrial Minerals and Rocks", Second Edition
- Şimşek, O., 2004. "Beton ve Beton Teknolojisi", Seçkin Yayınevi, Ankara.
- Talieferro, N.I., "Relation of Volcanism to Diatomaceous and Associated Siliceous sediments", Bull.Unv. California, Goe. Sci. 23, 1-56 (1933).
- Tasdemir, M.A., Bayramov, F., 2002. "Yüksek performanslı çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışı", ĐTU Dergisi, Cilt:1, Sayı:2, Aralık, 125-144.
- Temur, S., 1998. *Endüstriyel Hammaddeler*, Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya, 352 s.

- Topcu İ.B., Canbaz M., Karakurt C., 2006. “Beton üretiminde kimyasal katkı kullanımı”, Gazi Üniversitesi, Politeknik Dergisi, Cilt 9, Sayı 1, 59-63.
- Topçu, İ. B., 2006, “Beton Teknolojisi”, Uğur Ofset A.Ş., Eskişehir.
- Topçu, İ.B., Altun, F., Arı, K., 2005, “Kayseri Yöresi Hafif Agrega Özellikleri ve Taşıyıcı Beton Üretimi”, Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergi 2005, Isparta.
- Topluoğlu, S., “Diyatomit hakkında genel bilgiler”, M.T.A. Der. Rap. No: 1185, Ankara 1982.
- TSE 206–1, 2002, “Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 9773 , “Diyatomit- Isı Yatımında Kullanımı”, 1992, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 705, 1985. Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3234, 1978, Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 453, 1988. Gaz ve Köpük Beton Yapı Malzeme ve Elemanları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 197–1, 2002, “Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 197–2, 2002, “Çimento-Bölüm 2: Uygunluk Değerlendirmesi” Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- Urhan, S., 1993 “Hafif ve Çok Hafif Betonların Karakteristik Özellikleri ve Teknik Kapasiteleri”, Türkiye Mühendislik Haberleri, No: 369.
- Uygunoğlu, T., 2005”Afyon ve Çevresindeki Hafif Agregalarla Üretilen Blok Elemanların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Uygunoğlu, T., 2008, “Hafif Agregalı Kendiliğinden Yerleşen Betonların Özellikleri”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Yazıcıoğlu, S., ve Bozkurt, N., 2006, “Pomza ve Mineral Katkılı Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin Araştırılması”, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 21, No 4, s.675-680.
- Yıldız, A., 1997 “Seydiler (Afyon) diatomit cevherinin jeolojisi ve izolasyon tuğlası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması”, AKU, Fen Bil. Ens. Yuk. Lis. Tezi, Afyon, 95 sayfa.

6.1 İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

1. http://www.yapi.com.tr/V_Images/arastirma/Gazbeton.pdf 28.10.2009
2. www.sektorelhuarcilik.com/uevf/sunumlar/ot10-03.doc 10.11.2009
3. http://www.miningeng.org.tr/www/7.BYKP/ekutup95/o477/kuvar_sit/kuvarsit.htm 23.05.2010
4. http://www.ytong.com.tr/malzeme_bilgileri/html/cevre_dostudur.html 18.01.2010
5. <http://www.martu.com.tr/html/uretimsureci.asp> 10.11.2009

6. www.akg-gazbeton.com 23.05.2010
7. <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-35.pdf> 09.10.2009
8. <http://www.megaron.yildiz.edu.tr/yonetim/dosyalar/02-03-Megaron-145-158.pdf> 28.10.2009
9. <http://muhendislik/atauni/insaat/dersler/acaydin/yapimalz.pdf> 14.11.2009

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Hatice SEZER

Doğum Yeri: Sincanlı

Doğum Tarihi: 14.10.1985

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Afyon Lisesi 2003

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi 2008

Yüksek Lisans: Afyon Kocatepe Üniversitesi 2010

Yaptığı Çalışmalar: Öğütölmüş Diyatomitin Gazbeton Üretiminde Kullanımının Araştırılması.